

الجغرافيا الطبيعية

أشكال سطح الأرض

دكتور
عبد العزيز طريح مشرف
م. عمال العام محمد بن سعود
الملك العربية السعودية



مؤسسة الثقافة - فامسية
إ. ش. سوتير - الرستانية
تأليف: ٢٠٢٢

الْجُغَرَفِيَا الطَّبِيعِيَّةُ

أَشْكَالُ سَطْحِ الْأَرْضِ

رَبِّهِ
عَبْدُ الْعَزِيزِ طَرِيقُ شَرْفِ

مُؤَسَّسَةُ الثَّقَافَةِ الْيَامَعِيَّةِ
٢٥٩٩٢١

الفهرس

الصفحات

٢ - ١

تقديم

الباب الاول

٢٠ - ٥	الفصل الاول - ثنائيات الاجرام السماوية
٣٧ - ٢١	الفصل الثاني - النظام الشمسي
٥٩ - ٣٩	الفصل الثالث - حركات القمر والأرض
٣٨	أوجه القمر
٤١	المسوف والكسوف
٤٣	خطوط الطول وخطوط العرض
٤٩	تعاقب الفصول
٥٠	تعاقب الليل والنهار
٥٤	اختلاف الزمن
٧٣ - ٦٠	الفصل الرابع - أصل الأرض
٧١	ممر الكرة الأرضية
٧٢	ممر الحياه عليها

الباب الثاني

٨٢ - ٧٧	الفصل الخامس - ابعاد الكرة الأرضية وطبيعة باطنها
١٢٦ - ٨٣	الفصل السادس - التركيز المادي والمعدني لقشرة الأرض
٩٠	المخزون النارية

١٠١	المصغور الرسوبية
١٢١	المصغور المتحولة
١٢٥	الامية الجيوورفولوجية للتركيب المصغرى

الباب الثالث

١٢٧ - ١٤٨	الفصل السابع - نشأة المحيطات والقارات وتطور توزيعها
١٣٥	نظرية الزحف القارى
١٤٤	الكتل القارية القديمة
١٤٩ - ١٦٦	الفصل الثامن - البحار والمحيطات الحالية
١٥٥	تضاريس قاع المحيطات
١٦٣	طبيعة مياه البحار والمحيطات
١٦٧ - ١٩٣	الفصل التاسع - حركات مياه البحار والمحيطات
١٦٧	الأمواج
١٦٩	المد والجزر
١٧٢	التيارات البحرية

الباب الرابع

العوامل التكتونية التى تساهم فى تشكيل
سطح الارض

١٩٦ - ٢١٩	الفصل العاشر - الحركات التكتونية البطيئة
١٩٧	نظرية التوازن
٢٠٠	انتشاءات القشرة الارضية
٢١٠	الصدمات

٢٣٧ - ٢٢٠

الفصل الحادى عشر - الزلازل

٢٥٥ - ٢٣٩

الفصل الثانى عشر - النشاط البركانى

الباب الخامس

الاعمال الخارجية التى تساهم فى تشكيل سطح الارض

٢٧٠ - ٢٥٨

الفصل الثالث عشر - التجوية

الفصل الرابع عشر - دور الرياح فى تشكيل

٢٨٠ - ٢٧١

سطح الأرض

٧٧٢

مظاهر النحت بواسطة الرياح

٢٧٧

مظاهر الارساب

الفصل الخامس عشر - دور المياه الجارية فى تشكيل

٣٢٢ - ٢٨٦

سطح الأرض

٢٨٨

النظم النهرية

٢٩٣

مظاهر النحت بواسطة المياه الجارية

١٩٦

مظاهر الإرساب

٣٠١

القطاع الطولى للنهر

٣٠٧

القطاع العرضى

٣١٤

الدورة النحتية المائية

دور المياه الجارية فى تشكيل سطح

٣١٧

الاقالم الجافة

٣٣١ - ٣٢٥

الفصل السادس عشر - التعرية البحرية

٣٢٦

الدورة النحتية الساحلية

٣٢٨

مظاهر النحت البحرى

٣٣١

مظاهر الارساب البحرى

٣٤٥-٣٣٥	الفصل السابع عشر - التعرية الجليدية
٣٥٥-٣٤٦	الفصل الثامن عشر - عمايات الانهيار والانزلاق على المنحدرات
٣٨٣-٣٥٦	الفصل التاسع عشر - المياه الجوفية
٣٥٧	المياه الجوفية السطحية
٣٥٨	المياه الجوفية العميقة
٣٦١	العلاقة بين التركيب الصخري والخزانات المائية
٣٦٥	حركات المياه الجوفية
٣٧٩	المياه الجوفية في المناطق الكارستية

الباب السادس

الأشكال التضاريسية الكبرى لسطح اليابس

٤١١-٤٨٤	الفصل العشرون - السهول
٤٢٤-٤١٢	الفصل الواحد والعشرون - الهضاب والجبال
٤٣٠-٤٢٥	الفصل الثاني والعشرون - البحيرات والمستنقعات
٤٣٣-٤٣١	المراجع -

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقديم

إن الجغرافيا الطبيعية بمناها العام موضوع واسع له صلات كثيرة بالعلوم الطبيعية الأخرى من ناحية وبالعلوم الإنسانية من ناحية أخرى، فهو على صلة قوية بعلوم الجيولوجيا والبيورولوجيا والهيدرولوجيا والنبات والحيوان والعلك والطبعية . ولما كان التقدم العلمي قد فرض على كل علم من هذه العلوم أن يقدم نفسه إلى فروع أصغر فتد كان على الجغرافيا الطبيعية بالتالي أن تعد تقديم علاقاتها بهذه الفروع على أساس مقدار ما تأخذ منها أو ما تقدمه لها ، وهكذا نشبت مسؤولياتها وازدادت تفاصيل الموضوعات التي يجب عليها أن تهتم بها وتطورها حتى لا تتخلف عن غيرها من العلوم .

وهكذا لم يعد من الميسور أن تعالج الجغرافيا الطبيعية كلها في كتاب واحد بالمستوى الذي يعمق مع التقدم الذي طرأ على فروعها المختلفة، ولذلك فإن الجغرافيين الذين يكتبون لمن هم فوق مستوى التعليم المدرسي العام في مختلف بلاد العالم قد بدأوا يميلون إلى التخصص في الكتابة فيها حتى لا يجرم طلابها من التفاصيل الأساسية التي يصعب إدخالها في المؤلفات العامة . وقد ظهر هذا الاتجاه واضحا في حالنا العربي حيث قام عدد من تلاميذي وزملائي الأفاضل بوضع عدد غير قليل من المؤلفات القيمة في الجيومورفولوجيا وأشكال التضاريس ، كما تمت من جانبي بوضع كتاب في « الجغرافيا المناخية والنباتية » وهو الكتاب الذي يشرفى أنه أصبح معروفا لطلاب الجغرافيا في كل الجامعات العربية تقريبا .

وقد كانت جودة الكتب العربية التي ظهرت في موضوعات الجيومورفولوجيا وأشكال التضاريس سببا في أنني ترددت حتى الآن في الكتابة في نفس

الموضوعات ، ولكنتى أدركت أخيراً أن هذه الموضوعات ما زالت محتاجة
إلى المزيد من التفتيح والإضافة . ولأننى أرجو أن يكون الكتاب الذى أقدمه
الآن محققاً لبعض ما أهدف إليه .

والله ولي التوفيق

عبد العزيز طريح شرف

سبتمبر ١٩٩٢

البَابُ الْأَوَّلُ

- الفصل الأول - فئات الاجرام السماوية .
- الفصل الثاني - النظام الشمسي .
- الفصل الثالث - حركات القمر والارض .
- الفصل الرابع - أصل الارض .
- الفصل الخامس - أبعاد الكرة الأرضية وأغلفتها وطبيعة باطنها .

الفصل الأول

فئات الأجرام السماوية

١٥٤-١

يمتدح الكون بمناه الواسع على ملايين الاجرام التي نبيان تباينا كبيرا في أحجامها وطياتها ، ومع ذلك فان كل واحد منها ، مهما صغر حجمه أو كبر ، يصدر عن نظام خاص به داخل النظام الكوني العام . ولكن على الرغم من التقدم الكبير في علوم الفلك والفضاء فان معلوماتنا عن الكون لا تفعل في الواقع إلا نسبة لا تصحق الذكر من أسرارها التي مازالت غافية على العقل البشري ، فما هو مثلا اتساع هذا الكون ؟ وما هي حدوده ؟ وما هو عدد أجرامه ؟ إن هذه وغيرها أسئلة كثيرة بقيت وسعظل دائما دون جواب . وعلى أساس ما هو متوفر الآن من معلومات يقسم الفلكيون الأجرام السماوية عموما إلى عدة فئات هي :

- (١) المجرة Galaxy ومثيلاتها .
- (٢) النجوم Stars ، الكواكب Planets ، الأقمار Moons ،
- (٣) المذنبات Comets ، السدم Nebulae .

المجرة :

إن المجرة التي عرفناها والتي يتبعها نظامنا الشمسي ليست إلا واحدة من مجرات عديدة يشغل كل منها نظاما عظيما من الكون . ونعظم هذه المجرة أعدادا لا يحصى من النجوم والأقمار والمذنبات والسدم . ومجرتنا هذه هي التي تشتهر في البلاد العربية باسم « سكة البقانة » ، وفي العالم الغربي باسم « السكة اللبانية » Milky Way (١) .

(١) السدم في تسمية العرب لها بـ « سكة البقانة » هو أنما اندود وكأنها طريق يسلكه سائر الذين رحلوا بها يؤدي إلى بقرة بعض حبه على الطريق فيعطيه أوقا مائلا إلى اليأس ، أما الفرس ، فاشبهوه بطريق سلكته عليه طرفة رقيقة من النور .

وهي ترى في السماء بشكل نطاقي تبعد من الضوء الخافت الذي يبعد عن
السماء كلها بحيث يمكن رؤيته في أى مكان على سطح الأرض . وليس هذا
الضوء الخافت إلا ملايين الأجرام السابرة المضيئة التي تبدو ، على الرغم من
الأبعاد الشاسعة التي تفصلها عن بعضها ، وكأنها معلقة أو مجاورة جداً .
ونظرا لضخامة المسافات التي تفصل أجرام المجرة بعضها عن بعض فقد
أصبح من المنذر حسابها بواسطة وحدات القياس العادية ، ولذلك فقد اتفق
على أن تستخدم في حسابها وحدة خاصة هي : السنة الضوئية Light Year ،
وهي المسافة التي يقطعها الضوء (وسرعته ٣٠٠ ألف كيلو متر في الثانية) في
سنة كاملة ، وتستخدم بجانبها وحدة أخرى أصغر منها لقياس المسافات
بين أفراد المجموعة الشمسية ، ويطلق عليها : الوحدة الفلكية
Astronomical Unit ، وهي متوسط المسافة بين الأرض والشمس وطولها
١٤٩ مليون كيلو متر (٩٣ مليون ميل) .

النجوم

تعتبر النجوم بصفة عامة من الأجرام السابرة الكبيرة ، ولكنها تختلف فيما
بينها بما يباين كبراً سواء في أحجامها أو في طاقاتها الإشعاعية . فبينما لا يكاد
حجم بعضها يزيد كثيراً عن حجم الكواكب الكبيرة فإن بعضها عظيم الضخامة
وعلى الرغم من أنها جميعاً مكونة من مواد ملتهبة وتنبعث منها طاقة إشعاعية
كبيرة إلا أن هذه الطاقة تختلف اختلافاً كبيراً من نجم إلى آخر . وتتوافر
درجة لمعانها في السماء بصفة خاصة على الطاقة ولكنها تأثر كذلك بدرجة
بعدها منا . وأكثر النجوم لمعاناً في السماء هو النجم المسمى « الشعرى اليلبية
Sirius » وهو نجم معلق . يبعد عنا بنحو ٨٦ سنة ضوئية ، وتقدر طاقته
الإشعاعية بما يعادل الطاقة الإشعاعية للشمس حوالي ٢٦ مرة . ولا يعرف حتى

الآن عدد نجوم السماء كلها ، أو حتى عدد نجوم مجرتنا وحدها إلا أن الفلكيين يقدرونه عدد نجوم هذه المجرة بنحو ٣٠٠ مليون نجم .

وعلى الرغم من أن الشعرى اليمانية هي أشد النجوم (هذا الشمس) لمعاناً في السماء فإنها ليست أقرب النجوم إلى الأرض ، إذ أن هناك نجوماً أخرى أقرب منها إلينا ، ومع ذلك فإن إضاءتها أقل منها بكثير ، وأقرب نجم معروف حتى الآن إلى الأرض غير الشمس هو : الأقرب القنطوري Proxima Centauri الذي يرى في نصف الكرة الجنوبي وهو أحد نجوم كوكبة قنطورس . ومن هنا جاءت تسميته بالقنطوري . ويبلغ بعد هذا النجم عن الأرض حوالي ٤٢٧ سنة ضوئية . أقل من نصف بعد الشعرى اليمانية عنها ، ومع ذلك فأنه للنجوم الذي تبعته الشعرى اليمانية إلى الأرض بمادله الضوء الذي يبعثه هذا النجم ٧٠ ألف مرة . وهذا هو السبب في أن اكتشافه لم يتم إلا منذ عهد قريب . وهناك غير الأقرب القنطوري خمسة نجوم أخرى أقرب إلى الأرض من الشعرى اليمانية ولكنها لا تبدو بنفس لمعانها ووضوحها لأنها أقل منها إضاءة .

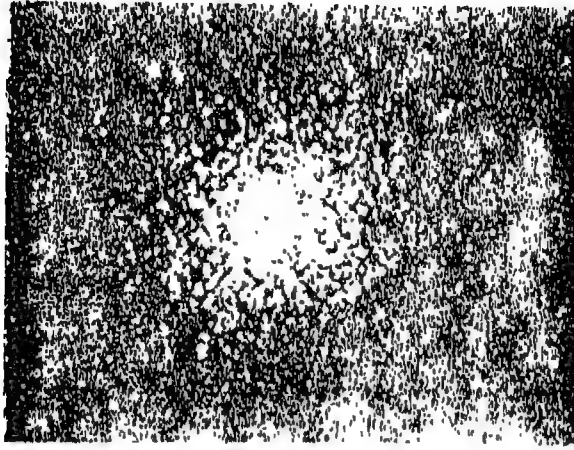
تجميعات النجوم - وتوجد النجوم أحيانا منفردة ولكنها كثيرا ما توجد في مجموعات أشهر باسم - الكوكبات Constellations - . ويبلغ كل نجم من النجوم في الغالب عدد من الكواكب والاقمار - وتعتبر شمسا ، ورغم ضخامتها ، واحدة من النجوم الصغيرة نسبيا . وهناك ملايين من النجوم الأخرى الأكبر منها - وعلى الرغم من ابتكار الناظر فلكية تستطيع أن تتوغل في الفضاء إلى أبعاد شاسعة فإن أقوى هذه المناظر لم تستطع حتى الآن أن تظهر أى نجم من النجوم (غير الشمس) بأكثر من نقطة محدودة من الضوء بسبب الأبعاد الشاسعة التي تفصلها عنا .

وقد كانت كثير من النجوم وبجوامعها معروفة بين المهتمين بدراسة الفلك منذ زمن طويل ، فقد كان الفلكيون العرب في العصور الوسطى يرصدونها

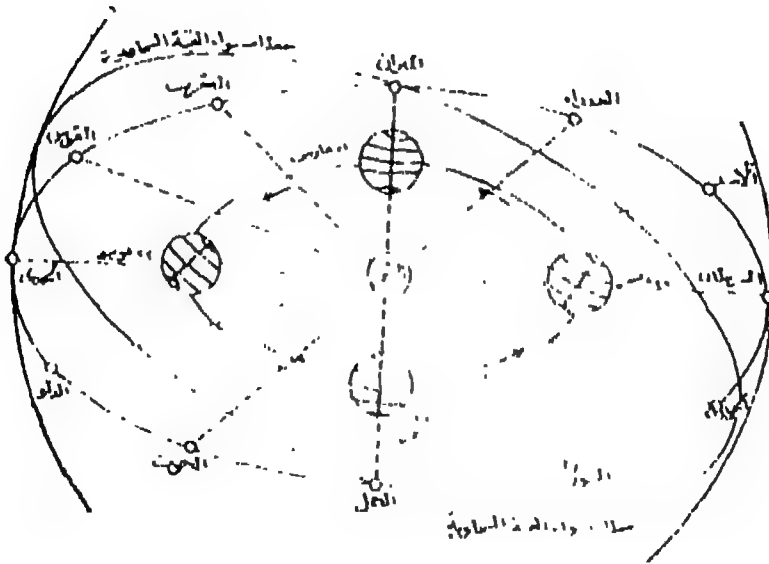
ويعرفون كثيرا من الخفايا من حركاتها وعن مواقعها بالنسبة للأرض في
الجدول الختامة، وإليهم يرجع الفضل في اكتشاف عدد من النجوم وبجوامعها.
ومازالت الأسماء العربية التي أطلقوها عليها ظاهرة في كتب اللغات الأخرى.
وقد وضع بعض المؤلفين العرب جداول فلكية خاصة لما لم يكن عليه كثير
في تحديد مسارات النجوم والكواكب ومواعيد شروقها ودورها على مدار
السنه. وفي عهد اليونانيين القدماء كان بعض النجوم ذات النجمية أمية خاصة
في أساطيرهم ومعتقدهم الدينية مثل مجموعة الفارس (أو الجبار) $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ ذات
الكروسي Cassiopeia، وذات الثور $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ ، والمرآة المسدلة
Andromeda، والبيادس Pleiades، والدب الأكبر، والدب الأصغر ورساوس
والدب والزرافة وغيرها. وقد لوحظ أن أفراد كل مجموعة من هذه المجموعات
متشابهة في تركيبها وأنها تتحرك دائما بتزييد ثابت، ولذلك فإن المؤلفين
يطلقون عليها اسم الكوكبات (أو التشكيلات) المتحركة Moving Clusters.
وهناك أيضا مجموعات نجمية تعرف باسم الخويع الكروي Globular Clusters،
ونضم كل منها عدة ملايين من النجوم التي تبدو متكلسة في الوسط ثم تتأخذ
نحو الخارج بحيث تبدو المجموعة كلها وكأنها سرب من النحل. ويوجد في
الكون أكثر من مائة تجمع من هذا النوع، وكلها بعيدة جدا عن الأرض بحيث
يصعب تمييزها بالعين المجردة. ويبلغ بعد أقربها إلينا ١٨٤٠٠ سنة ضوئية (١).

ويطلق تعبير «البروج» على الكوكبات التي تمر بها الشمس أثناء مسارها
الطائري في السماء على مدار السنة. ويطلق على هذا المسار اسم دائرة البروج،
يسبب مروره بكل هذه الكوكبات. وتوصف دائرة البروج بتعبير آخر
بأنها هي تقاطع مستوى فلك الأرض حول الشمس مع الكرة السماوية.

(١) محمد عبد السلام السكرداني «النجوم في مسالكها» سنة ١٩٣٣ م ص ١١٣.



شكل (١) تجمع نجمي كروي



شكل (٢) مواقع البروج على دائرة البروج في القوس المختلفة

ويطلق تعبير « منطقة البروج » على كل المنطقة الواقعة على طول هذه الدائرة .
وتنقسم هذه المنطقة إلى ١٢ برجاً يمثل كل برج منها ٣٠ درجة من درجات
الطول ، وهذه البروج وفصول طهورها هي : الحمل والنور والجوزاء
(الثور مان) وتظهر في الربيع ، ثم السرطان والأسد (الليت) والسليبة وتظهر
في الصيف ، ثم الميزان والمقرب والقوس وتظهر في الخريف ، ثم الجدى
والدلو والحوت وتظهر في الشتاء (أنظر شكل ٢) (١) .

النجم القطبي (أو القطبية) (Polar Star (or Polaris) هو أحد
نجوم المجموعة المعروفة باسم « الدب الأصفر » . وهي كوكبة من سبعة نجوم
تظهر دائماً في الليالي الصافية من الجهة الشمالية من القبة السماوية ، وهي مرتبة
بحيث تظهر أربعة منها بشكل مستطيل ولكنها ضيقاً قليلاً في أحد جوانبه ،
ومن أحد ركني هذا الجانب تتوزع النجوم الثلاثة الأخرى على طول خط
مقوس . وآخرها على الخط هو « النجم القطبي » أو القطبية . وهذه النجوم
السبعة منها نجوم أخرى لا حصر لها بالمقرب منها هي التي تتكون منها كوكبة
« الدب الأصفر » . وقد سميت بذلك لأنها تأخذ في مجملها شكلاً قريباً من
شكل الدب ، حيث يمثل جسمه بالشكل المستطيل بينما يمثل ذيله بالخط
الذي يقع النجم الخامس في طرفه .

وقد كانت للنجم القطبي منذ القدم أهمية كبيرة وخاصة للسفارين في
البحار والصحاري حيث أنه كان مرشدهم الرئيسي إلى الاتجاه الشمالي ، بسبب
وقوعه على امتداد محور الأرض من القطب الشمالي . فلو فرضنا أن هذا
المحور قد امتد في السماء بدون حدود فإنه سيمر بنقطة لا تبعد عن هذا
النجم إلا بدرجة واحدة تقريباً .

(١) ورد في أدب الماء القرنين بيتان مشهوران جمعت فيهما أسماء البروج الاثني عشرية

كما يلي :

حـ	النور	جوزاء	السرطان	دوحي	الليـ	سدنـ	الدب الأصفر
وردى	مقرب	قوس	الجدى	مـرجـ	الدلو	مـرـة	الحيتات

والمقصود بطواف القطب، هو عدم ثبات النقطة التي يشير إليها قطب محور الأرض في السماء وتزحزح هذه النقطة بانتظام على محيط دائرة وهمية ولكنها معروفة . ويرى الماكيون أن سبب هذا الطواف هو انجذاب الأرض قليلا عند خط الاستواء وتقرطعها عند القطبين ، حيث أن جذب الشمس للجزء المنبج يكون أكبر قليلا من جاذبها الأجزاء الباقية ، وبترتب على ذلك تغير بطيء جدا ولكنه مستمر في اتجاه المحور بحيث تتزحزح النقطة التي يشير إليها في السماء على مسار دائري وقد تبين أن كل دورة كاملة على هذا المسار تستغرق ٢٥٨٠٠ سنة . ويجب ألا نتخاط بين ظاهرة طواف القطب هذه وبين ظاهرة أخرى تعرف باسم ظاهرة تمايل أو ترنج المحور، وظاهر طواف القطب ناتج عن جاذبية الشمس ، وهي عبارة عن حركة معقدة وبطيئة جداً ، أما التمايل أو الترنج فهو حركة سريعة نسبياً ، وسببها هو جاذبية القمر ، وهي شبيهة بحركة تمايل أو ترنج النحلة التي ياصبها الأطفال عندما يديرونها بسرعة .

الكواكب الجسمية التي نرى دائماً في نفس مواقعها : المقصود بهذه الكواكب هو الكواكب التي ليس لها شروق ولا غروب بالنسبة لنا ، لأنها تظهر دائماً في نفس مواقعها تقريباً في كل ليلة على ما ار السنة ما دامت السماء صافية ، وأهمها هي الدب الأعظم ، بما في ذلك النجم القطبي والكواكب القريبة منه مثل الدب الأكبر وذات الكرسي وفرسوس والزرافة والذئب ، وهي تختلف عن كثير من الكواكب الأخرى ، الأبعد منها مثل الجبار والكلب الأكبر والشجاع والأسد والجائي والذئبان (الحية) والعقاب (النسر) والدجاجة (الجعة) والجدي والفرس الأعظم ، فهذه الكواكب تشرق في الشرق وتغرب في الغرب في الغروب ثم تختفي لتعود للظهور في الليلة التالية وهناك كواكب أخرى تظهر في الشتاء وتختفي في الصيف أو العكس ، ويظهر ذلك بوضوح عندما نأخذ خريطتي القبة السماوية لهذين الفصحين في نصف الكرة الشمالي مثلاً .

المتغيرات القيفاوية *Cepheid Variables* على الرغم من أن معظم النجوم تتميز بقوة إشعاعية ثابتة ، فقد لاحظ الفلكيون منذ وقت طويل أن بعضها منها ، سواء في داخل المجرة أو خارجها ، لا تثبت على حال واحدة وأن قوتها الإشعاعية تتغير من وقت إلى آخر . ولكن بينما تحدث التغيرات في بعض النجوم بشكل دورات منتظمة يشهد الإشعاع في بعضها ويضعف في بعضها الآخر ، فإنها تحدث في بعضها الآخر بشكل غير منتظم . ومن أشهر النجوم التي لوحظ منذ زمن بعيد أن قوتها الإشعاعية تتغير بنظام دقيق النجوم المعروفة باسم « ميفافوس » أو المذهب *Cepheus* ، وهذا هو السبب في تسمية هذا النوع من النجوم باسم « المتغيرات القيفاوية » . وقد ساعد التغير المنتظم لهذه النجوم على تحديد أبعادها في الفضاء بدرجة كبيرة من الدقة .

« والنجوم الجديدة *Novae* : وهي نجوم متفجرة ، فقد لاحظ الفلكيون أن بعض النجوم قد تمرض للانفجار ، وأنها عندما تنفجر تنطلق منها طاقات إشعاعية غير عادية تعادل طاقاتها الإشعاعية العادية ملايين المرات . وقد يكون السبب في انفجار هذه النجوم هو حدوث أي تغيرات في تركيبها الداخلي فيترتب على ذلك حدوث حالة من عدم التوازن في داخلها مما يؤدي إلى تضخم النجم وبعثه وانفجاره وانطلاق الطاقة الإشعاعية الهائلة منه . وليس معنى انفجار النجم بهذا الشكل هو نهايته بل إنه يعود للانقسام مرة أخرى بحيث يظهر وكأنه نجم جديد . وبعض النجوم أكثر تمرضا للانفجار من غيرها ، ولذلك فإن انفجارها قد يتكرر أكثر من مرة (١) .

وادل الأرصاد الفلكية على أن عدد النجوم التي أمكن رصد انفجاراتها بالفعل يساع في المتوسط عدة نجوم سنويا ولا يدخل في هذا العدد النجوم

James Jeans, " The Universe Around Us," C. U. P. 1939

(١) الإمام المصطفى أحمد . « عالم الأمم » ١٩٦٢ . المكتبة الثقافية ، صفحة

التي انفجرت دون أن نلاحظ انفجاراتها بسبب بعد المسافة أو لأي أسباب أخرى ، ولا بد أنها كثيرة . ويمكننا أن نصور ماذا يحدث للأرض لو أن شمسا انفجرت بهذا الشكل ، إن هذا لو حدث فإنه سيؤدي بالتأكيد إلى احتراق الأرض ومعظم الكواكب السيارة القريبة من الشمس مع آثارها في الحال .

تناقص الطاقة الإشعاعية للنجوم : يرى كثير من الفلكيين أيضا أن الطاقة الإشعاعية لكثير من النجوم تناقص بمرور الزمن ، وأن الشمس ربما تكون واحدة من هذا النوع . والسبب المرجح لهذا النقص هو أن الهيدروجين الذي يدخل في تركيب هذه النجوم يتحول باستمرار إلى هيليوم ، فإذا كانت نسبة الهيدروجين التي تدخل في تركيب النجم كبيرة كان تناقص إشعاعاته كبيرا ، والعكس صحيح والمعروف أن نسبة الهيدروجين الذي يدخل في تركيب الشمس صغيرا جدا ، فلو كان هناك فعلا تناقص في طاقتها الإشعاعية فإنه ناقص ببطء جدا ، وإيه إن أثر إشكال محسوس على جو الأرض إلا بعد مرور عدة ملايين من السنين .

لماذا الكواكب والاممار :

الكواكب هي الأجرام السماوية الممتدة التي تتبع النجوم ، وأهم ما يميزها عن النجوم أنها أصغر منها حجما وبصفة عامة ، وأنها غير ممتدة وغير منتشرة إضافة ذاتية ، ولذاها انعكس الأشعة التي تسقط عليها من النجوم فتبدد لامعة في السماء ، ولولا سقوط هذه الأشعة عليها لما أمكن رؤيتها ، وأهم الكواكب بالنسبة لنا هي الكواكب التي تتبع النظام الشمسي ، ولذلك فأننا سلكم عليها ضمن كلامنا على هذا النظام في الفصل التالي .

أما الأقمار فهي الاجرام التي تتبع الكواكب ، والتي تدور في أملاك خاصة حولها وهي تشبه الكواكب في أنها أجسام ممتدة وأنها لا ترى إلا إذا سقط ضوء النجوم عليها . ومن الطبيعي أن تكون الاممار التابعة لأي كوكب من

الكواكب أصغر في أحجامها منه . وسنشير إلى أقمار النظام الشمسي عندما نتكلم عليه .

وأيضا - المذنبات -

وهي من الأجرام الملتصقة التي تلبث منها إشعاعات قوية ، فهي شبيهة بالنجوم من هذه الناحية ، ولكنها تختلف عنها من وجوه أخرى ، فهي في الغالب أصغر منها حجما ، كما أنها تنطلق في الفضاء بسرعة هائلة وتكون أفلاكها لهذا السبب شديدة الاستطالة . ولعل أبرز ما يميزها هو أذناها التي قد يصل طولها إلى بضعة ملايين من الكيلومترات ، ويتكون الذنب عموما من غازات مائية ، إلا أن طولها واتجاهه قد يتغيران على حسب موقعه بالنسبة للنجم الذي يتبعه الذنب أو بالنسبة لأقرب نجم آخر إليه . حيث أن ضغط ضوء النجم يعمل دائما على دفع الغازات التي يتكون منها الذنب بعيدا عنه ، ولذلك فعندما يقرب أحد المذنبات من الشمس فإن ذنبه يكون ممتدا إلى الخلف منه ، وعندما يمر بها يدور حول نفسه بحيث تكون رأسه واقعة بين الذنب والشمس ، وعندما يبتعد في الاتجاه يكون ذنبه ممتدا أمامه .

وتوجد في الكون مذنبات عديدة ، ولكن المذنبات التي أمكن رصدها



شكل (٤) الذنب - ورهاوس كما صور في سنة ١٩٠٧ .

بالفعل وأمكن معرفة نظام حركتها قايلاً . ويعرف كل مذنب منها باسم خاص هو غالباً اسم الشخص الذى اكتشفه . ومن أقدم المذنبات التى عرفت وأشهرها المذنب د هالي Halley . ويمكن مشاهدته من الأرض مرة كل ٧٦ سنة، وهى المدة التى يستغرقها دورانه فى فلكه حول الشمس ومن الاحتمالات غير المستبعدة أن يقترب أحد المذنبات من الأرض بدرجة تؤدى إلى ارتطامها بها ، كما حدث فعلاً فى سنة ١٩٠٨ عندما سقط فى سيبيريا مذنب صغير زلزالا حوالى مليون طن فحفر حفرة سعتها عدة كيلومترات وعمقها عدة أمتار . إلا أن مثل هذه الحوادث نادرة جداً .

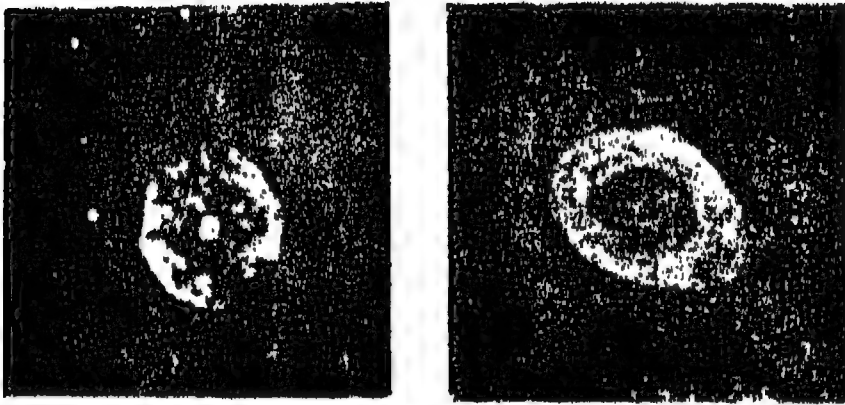
الخامس - السدم :

وهى سحب كونية ضخمة تتكون من غازات أو جزيئات كونية دقيقة ، ويوجد فى مجرتنا عدد كبير منها ، وما يدل على ضخامتها أنه بينما لا يستطيع ألموى المناظر الفلكية أن تظهر أى نجم من النجوم (نجم الشمس) إلا كنقطة معيئة فإنها تستطيع أن تظهر السدم بشكل سحابات كبيرة . وقد أمكن بالفعل تصوير عدد منها ، على الرغم من أنها تبعد عنا بمئات الآلاف من السنين الضوئية . وقد قسم الفلكيون السدم التى أمكن رصدها إلى ثلاثة أنواع هى : (١) سدم كوكبية Planetary Nebulae ، وهى أقرب للسدم إلينا ، وتوجد منها بنسب مئاة فى مجرتنا . ويقدّر متوسط بعدها عن الأرض بنحو ٤٥٠٠ سنة ضوئية . وتظهرها المناظر الفلكية القوية بشكل أقراص مسطحة ومن المحتمل أن تكون هذه السدم نجومًا عادية ولكنها محاطة بأجواء مهيبة عظيمة الاتساع . ويقدّر بعض الفلكيين أن كلاً منها يعطى ضوءاً يعادله ضوء شمسنا حوالى عشر مرات (أنظر شكل ٥) .

(٢) سدم مجرية Galactic Nebulae ، وهى موجودة أيضاً داخل المجرة ، ولكنها تبدو بشكل سحب ضخمة ممتدة بين النجوم لمسافات شاسعة ، وليست لها أشكال أو حدود منتظمة ، والغالب أنها تهمر بداخلها عدداً من النجوم .

وتباين هذه السدم فيما بينهما تباينا كبيرا في الكثافة والحجم ودرجة الإضاءة .

(٣) سدم فوق المجرية Extra - galactic Nebulae ، وهي أعظم السدم حجما حتى أن بعض الفلكيين يسمونها (أو بعضها على الأقل) ضمن المبررات ، فهي تحصر بداخلها ملايين النجوم ، ونظرا لضخامتها فيمكن أن ترى بالعين المجردة على الرغم من أبعادها الشاسعة ، وهي تأخذ غالبا أشكالا خاصة تساعد على تمييزها ورصدها . وهذه السدم هي التي يطلق عليها كذلك اسم السدم الحلزونية Spiral Nebulae (أنظر الأشكال ٦ إلى ٩) .



شكل (٥) شكلان لسطم الحلزونية



شكل (٦) رأس الحصان في السديم الأعظم في كوكبة أوريون



شكل (٧) سديم حلزوني



شكل (٨) السديم الحلزوني الأعظم في كوكبة أندروميدا (الرأفة المسلسلة)

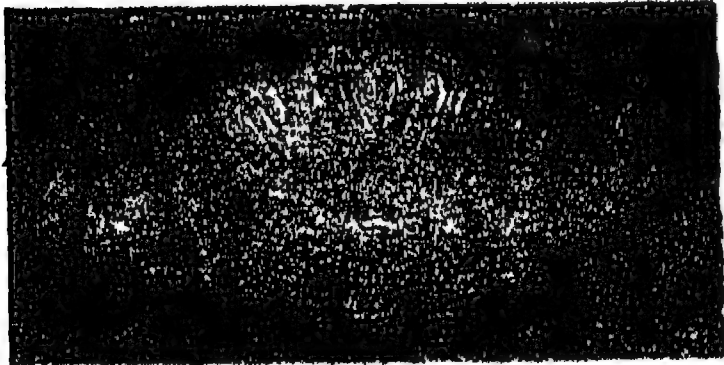


شكل (٩) للسديم الأعظم في كوكبة أوريون (الجبارة)

الشهب Meteorites والنيازك

وهي ليست أجراماً سماوية بمعنى الكلمة، وإنما هي كتل صخرية أو معدنية صلبة تندفع في الفضاء نحو الأرض . ويؤدي احتكاكها الشديد بالهواء إلى التناثر وظهورها مصيعة ، فإذا كانت صغيرة لما غالب هو أنها تحترق قبل وصولها إلى الأرض ، وهذه هي التي نعرف بالشهب ، أما إن كانت كبيرة واستطاعت أن تعمل إلى الأرض فإنها تعرف بالنيازك . وتكون قوة اندفاع النيزك كبيرة جداً ، ولذلك فإن ارتطامه بالأرض يؤدي عادة إلى تكوين حفرة عميقة ، وتوجد عدة أمثلة لحوادث سقوط النيازك في جهات متفرقة من العالم ، ففي صحراء أريزونا مثلاً استطاع أحد النيازك أن يفتح حفرة يبلغ قطرها كيلومتراً وعمقها ٢٥٠ متراً . بحيث تبدو وكأنها فوهة بركان . وقد قدر وزن النيزك الذي حفرها بنحو خمسة ملايين طن (شكل ١٠) .

ولئن كانت حوادث سقوط النيازك قليلة ومعروفة لما لا شك فيه أن الشهب التي تحترق في الجو لا يمكن حصرها ، لخصوصاً وأن كثيراً منها يحترق ويختفي دون أن يراه أحد . ويقدر الباحثون أن مقدار المواد التي تضيفها بقايا الشهب المتساقطة إلى جسم الأرض يقرب من عشرين ألف طن سنوياً . وهذا معناه أن هناك زيادة مطردة ولكنها بطيئة في حجم الأرض .



شكل (١٠) الحفرة التي حفرتها نيازك في صحراء أريزونا

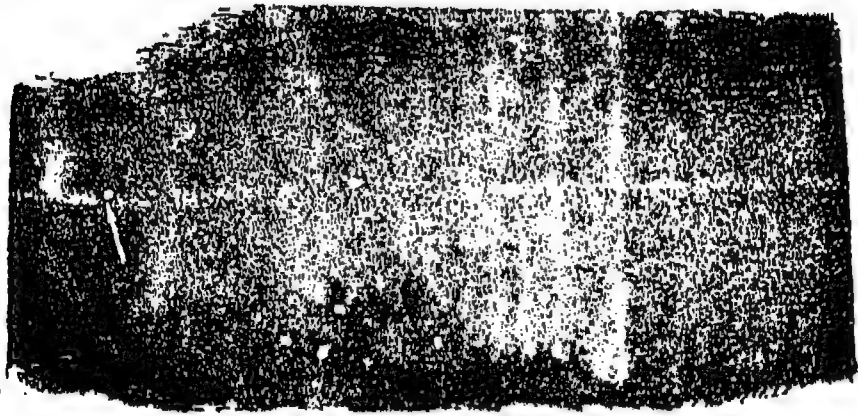
الفصل الثاني

النظام الشمسي

SOLAR SYSTEM

الشمس :

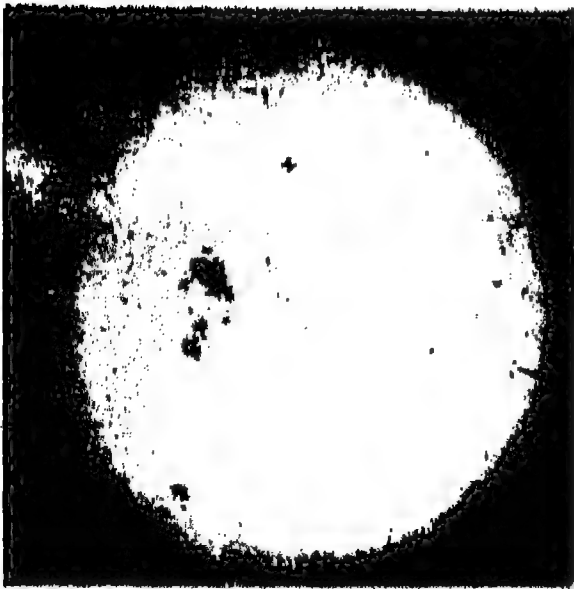
ليس النظام الشمسي إلا واحدا من مئات الملايين من النظام الشمسية التي
تضمها المجرة (سكة القبانة) ، وهو يقع على بعد ثلاثين ألف سنة ضوئية من
مركزها ، ويدور حوله هذا المركز دورة كاملة مرة كل ٢٢٥ مليون سنة .
والشمس نفسها عبارة عن كرة ضخمة من المواد الملتصقة التي تنبعث منها طاقة
إشعاعية هائلة تعادل حوال ١٧٠ ألف حصان من كل متر مربع من سطحها .
وتنتقل هذه الطاقة في جميع الاتجاهات بشكل إشعاعات متباينة بعضها مرئي
مثل الأشعة الضوئية وبعضها غير مرئي مثل الأشعة الحرارية ، وتنتقل كلها في
موجات متباينة الأطوال فتصل إلى جميع الكواكب السيارة وأقارها، ولكن



شكل (١١) موقع النظام الشمسي في المجرة (المشار إليه بالسهم)



شكل (١٢) ندوة شمسي



مصورة دائرة الشمس



مكبدة اوزاما

شكل (١٣) ٤-ج شمسية

بمقادير تناسب مع بعد كل منها عن الشمس . وتقدر درجة الحرارة على سطح الشمس بنحو ٦٠٠٠° مئوية ، بينما تزيد في مركزها عن مليون درجة ، وتنطلق من سطحها نافورات (أو أسنة) ملتصقة تأخذ أشكالا متباينة ، وتعرف باسم «التعوهات Prominences» وقد يجد لمحب بعض هذه التوهجات في الفضاء إلى مسافات كبيرة تصل إلى عشرات الآلاف من الكيلومترات (أنظر شكل ١٢) .

وتسافر الشمس وحدها بنحو ٩٩٨٧٪ من الحجم الكلي للمجموعة الشمسية ، ويبلغ طول قطرها حوالي ١٣٨٢٠٠٠ كيلومتر . وهو ما يعادل قطر الأرض مائة مرة ، وهذا هو السبب في قوة جاذبيتها التي تتحكم بها في حركة الكواكب التي تدور بها .

البقع الشمسية Sunspots : وهي عبارة عن مساحات صغيرة من سطح الشمس نقل حرارتها وإشعاعاتها بشكل واضح عن المناطق المحيطة بها . وليس من المعروف بالضبط السبب في وجود هذه البقع . ولكن من المعتقد أنها عبارة عن كتل غازية تتكون أحيانا في جو الشمس وتدور حول نفسها بسرعة ، ويكون بعضها كبيرا إلى درجة يمكن معها رؤيته من الأرض بالعين المجردة مع الاستعانة بمنظار ملون أو خلال السمب الرقيقة . وقد لوحظ أن هذه البقع تكثر في دورات طول كل منها أحد عشر سنة تقريبا . ونظرا لأنها تؤثر على الطاقة الإشعاعية للشمس فقد حاول بعض الباحثين أن يربطوا بين دوراتها وبين الدورات التي تمر بها بعض المظاهر الطبيعية والحوية على الأرض (أنظر شكل ١٣) .

الكواكب السيارة Planets :

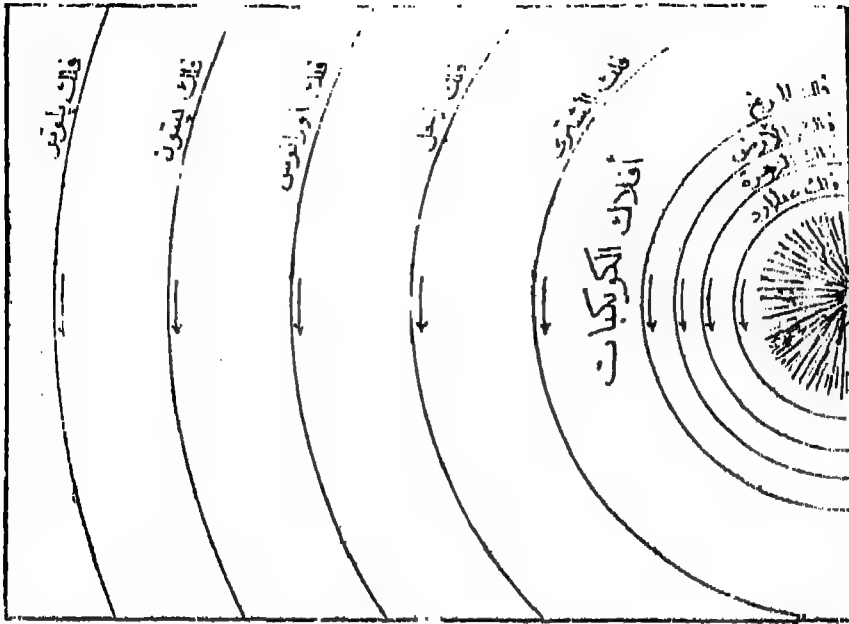
يضم النظام الشمسي تسعة كواكب سيارة أكبرها هو المشتري ، ويبلغ حجمه ضعف مجموع حجم باقي الكواكب . وأبعد الكواكب عن الشمس (كما هو معروف الآن) هو بلوتو ، أما أقربها إليها فهو عطارد الذي يعتبر كذلك أصغرها حجما . وتنقسم هذه الكواكب عموما على حسب بعدها عن الشمس إلى مجموعتين هما :

(١) مجموعة الكواكب الداخلية Inner Planets (أو الصغيرة) وتشمل الكواكب الأربعة الأقرب إلى الشمس ، وهي عطارد والزهرة والأرض والمريخ . وهي متشابهة إلى حد كبير في الحجم والكثافة مما يدل على أنها مكونة من مواد صخرية متشابهة ، ولهذا السبب يطلق عليها أحيانا اسم «الكواكب الأرضية Terrestrial Planets» وهي أعلى كثافة من الكواكب الخارجية . ونظرا لقرب عطارد والمريخ والزهرة من الأرض فقد كانت معروفة منذ العهود التاريخية القديمة ، وكانت لها على سبيل المثال مركز معروف في الميثولوجيا اليونانية القديمة . فقد كان اليونانيون في ذلك الوقت يعتبرون أن المريخ هو إله الحرب ، والزهرة هي إلهة الجمال وعطارد هو الخادم أو سامي البريد الذي يترجم بنقل الرسائل بين الآلهة .

(٢) مجموعة الكواكب الخارجية Outer Planets (أو الكبرى) وتشمل الكواكب الأبعد عن الشمس ، وهي المشتري وزحل ونبتون وأورانوس وبلوتو . ويفصل هاتين المجموعتين عدد كبير من الكويكبات الصغيرة التي تتجمع في منطقة واحدة في مكان متوسط تقريبا بين فلكي المريخ والمشتري . ويطلق عليها اسم «الكويكبات ، Asteroids» .

وتدور كل الكواكب والكويكبات في أفلاك بيضاوية (إهليجية) حول الشمس . وتقع جميع أفلاكها في مستوى واحد تقريبا . وهو نفس المستوى الذي تدور فيه الشمس دورتها الظاهرية بالنسبة للأرض ، وهو أيضا مستوى تلك الأرض ويطلق عليه كذلك اسم مستوى الكسوف والخسوف . " Plane of the Ecliptic " .

وتفصل الكواكب بعضها عن بعض أو عن الشمس مسافات كبيرة يمكن حسابها إما بملايين الكيلومترات أو الأميال أو بالوحدة المعروفة باسم الوحدة الفلكية . وقد سهلت الإشارة إليها وهي متوسط البعد بين الأرض والشمس



شكل (١٤) دوران الكواكب السيارة حول الشمس

وهو ١٤٩ مليون كيلو متر (٩٣ مليون ميل) . ويمكننا أن نتصور عظم المسافات التي تفصلنا مثلاً عن الشمس وعن غيرها من أفراد العائلة الشمسية لو أننا عرفنا أن الطائرة النفاثة التي تسير بسرعة الصوت (١٢٠٠ كم / ساعة) تحتاج إلى ١٤ سنة كاملة للوصول من الأرض إلى الشمس (دون عودة) ، وبين الجدول (رقم ١) المسافات التي تفصل الكواكب السيارة عن الشمس وعن الأرض .

الكواكب الداخلية :

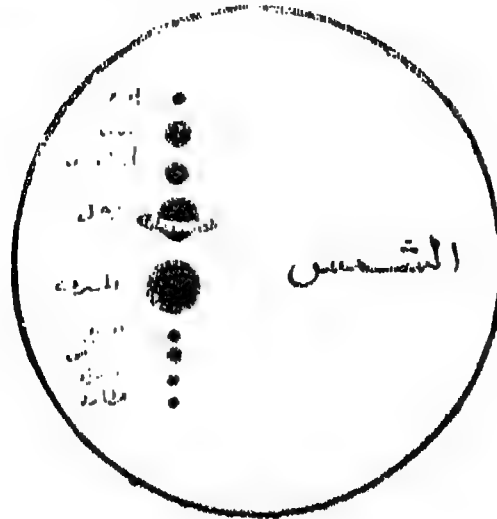
١ - عطارد Mercury : هو أصغر الكواكب السيارة ، ويبلغ قطره حوالي ٤٨٠٠ كيلو متر ، كما أنه هو أقربها إلى الشمس حيث يبعد عنها ٥٧ مليون كيلو متر (٣٩ وحدة فلكية) ، ويتم دورته حولها في ٨٨ يوماً . أما

جدول (١) أبعاد الكواكب السيارة عن الشمس وعن الأرض
(معظم الأرقام مقربة إلى أقرب رقم صحيح - ح)

الكوكب	بعده عن الشمس		بعده عن الأرض		دورته حول الشمس	
	بالوحدات الفلكية	بلايين الكيلومترات	بلايين الكيلومترات	مدتها	سرعتها كم/ثانية	
عطارد	٠.٣٨	٥٧	٩٢	٨٨ يوما	٤٦	
الزهرة	٠.٧٢	١٠٨	٤١	$\frac{224}{3}$ يوم	٣٥	
الأرض	١	١٤٩	—	$\frac{365}{1}$ يوم	٢٩	
المريخ	١.٥٢	٢٢٨	٧٩	٦٨٧ يوم	٢٤	
المشتري	٥.٢	٧٧٨	٦٢٩	١١.٩ سنة	١٣	
زحل	٩.٥٤	١٤٢٨	١٢٧٩	٢٩.٥ سنة	١٠	
أورانوس	١٩.١٨	٢٨٧٢	٢٨٢٣	٨٢ سنة	٦	
نبتون	٣٠.٠٦	٤٥٠١	٤٤٥٢	١٦٥ سنة	٥	
بلوتو	٥٩.٥٢	٥٩٠٤	٥٧٥٥	٢٤٨ سنة	٥	

دورته حول نفسه تستغرق ٩٠ يوما، فهي بطيئة جدا بالنسبة لدورة الأرض حول نفسها. وكما هي الحال بالنسبة للقمر فإن أحد أوجه عطارد يكون دائما مواجه للشمس ويكون دائما نهارا بينما يكون وجهه الآخر دائما ليلا. ونظرا لقرب هذا الكوكب من الشمس فإن درجة حرارة وجهه المقابل لها تكون دائما مرتفعة جدا خصوصا في المنطقة الوسطى التي تسقط عليها الأشعة عمودية باستمرار، وفيها تزيد درجة الحرارة عن ٣٤٠° مئوية (٦٥٠° ف) وهي درجة تكفي لصهر بعض المعادن مثل الرصاص والصلب. وبسبب هذه الظروف لا يمكن أن يوجد أي نوع من أنواع الحياة على هذا الكوكب.

٢ - الزهرة Venus : وهي أقرب الكواكب إلى الأرض . ويبلغ البعد بين فلكيهما حوالي ٤١ مليون كيلومتر ، كما أن حجمها يكاد يقرب من حجم



شكل (١٥) حجم الكواكب بالنسبة إلى الشمس

الأرض ، وإن كان يقل عنه بنحو $\frac{1}{2}$ من حجم الأرض . ويبلغ بعد الزهرة عن الشمس ١٠٨ مليون كيلومتر (٧٧ ر . وحدة فلكية) وتختلف دورته حولها ٢٢٤^٣ يوم . وهي أبعد الكواكب في دورانها حول نفسها حيث تختلف دورتها ٢٤٣ يوما . وهي محاطة بغلاف غازي كثيف مكون بصورة خاصة من ثاني أكسيد الكربون . وربما توجد معه كميات ضئيلة جدا من الأكسجين والنيتروجين وبخار الماء . ويبدو جو الزهرة بشكل سحاب كثيف يحول دون رؤية جسمها الصلب من الأرض . حتى أن اتجاه دورانها حول نفسها مازال غير مؤكد ، كما أن المدة التي يستغرقها هذا الدوران غير معروفة بالضبط . ولكن من المؤكد أن درجة حرارتها مرتفعة جدا ، وأنها تبلغ في الجزء الذي يظهر لنا ، وهو الجزء الذي تكون أشعة الشمس عندئذ سلطت عليه حوالي ٣٠٠ مئوية . ويظهر هذا الجزء بأوجه مختلفة تتناهي في دورة معروفة تشبه الدورة التي تظهر بها أوجه القمر .

ونظرا لأن كوكبي عطارد والزهرة يقعان بين الأرض والشمس وأن
أفلاكهما جميعا تقع في مستوى واحد فاننا لا نرى منها إلا السطح المواجه
لشمس . ويتدرج الجزء الذي يظهر لنا من هذا السطح بطريقة تشبه تدرج
أوجه القمر ، إلا أن قرب هذين الكوكبين من الشمس لا يسمح برؤيتهما
أثناء النهار ، وأفضل الأوقات لمشاهدتهما يكون قبل الشروق وبعد الغروب .

٣ — الأرض Earth : وهي إحدى الكواكب الصغيرة ، ويقع فلكها بين
فلكي الزهرة والمريخ ، ولكنه أقرب إلى فلك الزهرة ، ويبلغ متوسط بعده
عن الشمس ١٤٩ مليون كيلو متر (وحدة فلكية واحدة) ، وهي تتم دورتها
حولها في $\frac{1}{365}$ يوم ، أما دورتها حول نفسها فتتطلب في ٢٤ ساعة ، وإن
دورانها في فلكها حول الشمس هو المسئول عن تمايز الليل والنهار كما أن
موقعها المناسب من الشمس هو الذي جعلها أصالح الكواكب لظهور الحياة
وتطورها ، فهي ليست قريبة منها بدرجة تؤدي إلى اشتداد حرارتها ، أو
بعيدة عنها بدرجة تؤدي إلى اشتداد برودتها بشكل يحول دون ظهور الحياة . كما
أن دورانها حول نفسها بسرعة معقولة قد ترتب عليه توزيع الحرارة والغضو
على سطحها بصورة تسمح بالحياة والنشاط فوق معظم أجزائها ، إلا في نطاقات
محدودة عند القطبين . ويعتبر الغلاف الجوي والغلاف المائي للأرض كذلك من
المميزات الرئيسية التي تميزها عن بقية الكواكب السيارة ، والتي تجعلها صالحة
للحياة . وأما ما في الفصول القادمة دراسات طبيعية أكثر تفصيلا عن هذا الكوكب .

٤ — المريخ Mars : وهو جار الأرض من الناحية الأبعد عن الشمس .
ويبلغ البعد بين فلكيهما حوالي ٧٩ مليون كيلو متر ، أي أنه يبعد عن الشمس
بنحو ٢٢٨ مليون كيلو متر (١٥٢ وحدة فلكية) ولذلك فإنه أقل حرارة من
الأرض ، وتتراوح معدلاته الحرارية بين 10° مئوية عند خط استوائه
و 70° عند قطبيه ، وهو أصغر حجما من الأرض حيث أن طول قطره
يعادل نصف طول قطرها نظريا ، وتستغرق دورته حول نفسه $\frac{1}{24}$ ساعة ،
أما دورته حول الشمس فتستغرق ٦٨٧ يوما . وهو محاط بغلاف غازي

رقيق لا يعرف تركيبه بالدقة، ولكن من المحتمل أن تكون به نسبة ضئيلة جد من بخار الماء . ولم يثبت حتى الآن وجود أى حياة تستحق الذكر على سطحه . وقد لوحظ أن منطقة القطبين تظهر إياها في فصل شتائه ألوان بيضاء ولكنها سرعان ما تختفي في الصيف . ويرى بعض الفلكيين أنها غطاءات ثابجية ولكنها رقيقة جدا بدليل أنها لا تبقى في الصيف على الرغم من عدم ارتفاع درجة حرارته ، بينما يرى آخرون أنها عبارة عن سحب أبيض رقيق جدا من نوع السمحاق (السيروس Cirrus) المعروف في جو الأرض ، وهو مكون من بلورات ثابجية خفيفة .

ويوجد للمريخ قران أكبرهما هو فوبوس Phobos وقطره حوالى ٨ كيلو مترات والثاني هو ديموس Deimos وقطره حوالى خمسة كيلو مترات ، وأولهما أسرع دورانا حول المريخ من الثاني ، فيدنا تستغرق دورة الأول سبع ساعات و٣٩ دقيقة فإن دورة الثاني تستغرق ٣٠ ساعة و١٨ دقيقة .

الكواكب الخارجية Outer Planets :

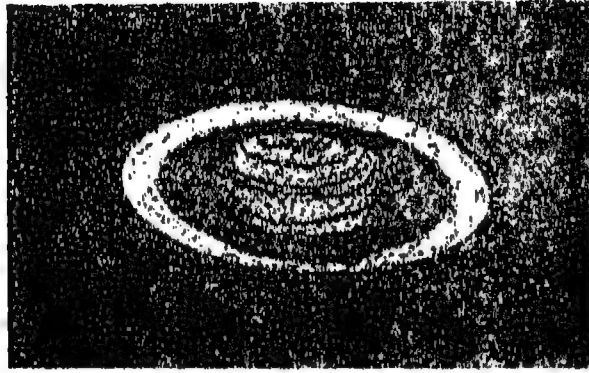
تختلف هذه الكواكب عن الكواكب الداخلية من عدة نواح ، فهي أضعف منها حجما ، وخصوصا المشتري ثم زحل ، وهما أكبر الكواكب على الإطلاق . وهى مكونة من مواد خفيفة لا تزيد كثافتها كثيرا عن كثافة الماء ، وجميعها شديدة البرودة جدا بسبب بعدها عن الشمس . وباستثناء بلوتو الذى لا يعرف تركيبه حتى الآن فإن الكواكب الأخرى ، وهى المشتري وزحل وأورانوس ونبتون . تشابهة في تركيبها ، فكل منها يتكون من نواة صخرية يحيط بها غلاف سميك من الجليد وبخافه غلاف غازى يتكون في جملته من النوشادر (الأمونيا) والهيدروجين ، وفيما إلى وصف لكل كوكب من هذه الكواكب .

المشتري Jupiter : وهو أكبر الكواكب السيارة ، ويبلغ طول قطره ١٤٢٧٥٠ كيلو مترا ، وهو ما يعادل طول قطر الأرض أحد عشر مرة . وهو يستأثر وحده بنحو ٧٠٪ من المجموع الكلى لحجم الكواكب السيارة

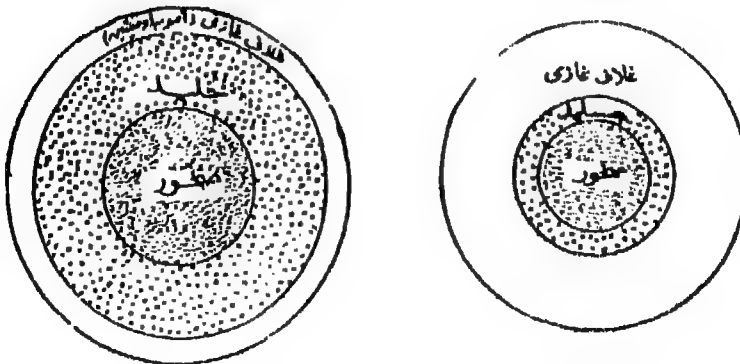
مجموعة، ويبادل حجمه حجم الأرض ١٤٠٠ مرة، وهو يبعد عن الشمس بنحو ٧٧٨ مليون كيلو مترا (٢٥ وحدة فلكية)، وتزيد المسافة بينه وبين المريخ عن المسافة بين أى كوكبين آخرين متجاورين ويتخذ بعض الباحثين هذه الحقيقة دليلا على أن مجموعة الكويكبات (التي تقع في مكان متوسط تقريبا بين فلكي المشتري والمريخ) ربما كانت كوكبا واحدا ولكنه انفلت لسبب غير معروف. وسرعة دوران المشتري حول نفسه أكبر من سرعة دوران الأرض حول نفسها، فهو يتم الدورة حول نفسه في ٩ ساعات وعشرين دقيقة، وهذا هو طول يومه، أما دورته حول الشمس فتستغرق ١١٩ سنة. ونظرا لبعده عن الشمس فإنه شديد البرودة جدا. ويقدر معدل درجة حرارته بنحو -١٣٨° م. ويعتقد الفلكيون أنه مكون من نواة صخرية صلبة قطرها حوالي ٧٠ ألف كيلومتر، ويحيط بها طبقة من الجليد سمكها ٢٥ ألف كيلومتر ويغلفها غلاف غازي كثيف سمكه تسعة آلاف كيلومتر ويتكون بصفة أساسية من الميثان والأمونيا (النوشادر). ويظهر هذا الغلاف بشكل سحب كثيفة تحجب جسم الكوكب تماما، وتقدر كثافة المشتري، بما في ذلك غلافه الغازي بحوالي ١٣٤. وهو أكثر الكواكب أقرأ حيث يبلغ عدد أقطاره اثني عشرة قمرًا. والواقع أنه يكاد يكون مع توابعه نظاما خاصا به. وبعض أقطاره كبير الحجم حتى أن حجم بعضها يزيد عن حجم بعض الكواكب الصغيرة مثل عطارد. ومن الظاهرات الغريبة أن واحدا من أقطار المشتري يدور حوله في اتجاه معاكس للانحناء الذي تدور فيه بقية الأقطار.

زحل Saturn : وهو يأتي بعد المشتري من حيث الحجم، ويبلغ طول قطره ١٠٥ آلاف كيلو متر. ويبدو منظره متميرا عن بقية الكواكب بوجود حلقات كبرى تدور حوله. وتتكون هذه الحلقات من ملايين الكتل الصخرية المتباينة الأحجام، وهو يبعد عن الشمس بنحو ١٤٢٨ مليون كيلومتر، (٢٥ وحدة فلكية) وهو يتم دورته حول الشمس في ٢٩ ١/٢ سنة. أما

دورته حول نفسه فتمسغرق عشر ساعات و ١٤ دقيقة ، ومعنى ذلك أن طول يومه يقل من طول يومنا على الأرض ، وهو أشد برودة من المشتري ويبلغ معدل درجة حرارته - ١٥٣° مئوية. وهو يشبه المشتري في تركيبه ولكنه أقل منه كثافة بمئة مرة حيث تبلغ كثافته في المتوسط ٠.٧١ فقط، وكما هي الحال بالنسبة للمشتري فإنه يتكون من نواة صخرية قطرها حوالي ٤ ألف كيلومتر،



شكل (١٠) زحل



المشتري

زحل

شكل (١٧) تركيب زحل وتركيب المشتري

ومحيط بها غلاف غازي كثيف سمكه حوالي ٢٨ ألف كيلومترا. وهو يأتي بعد المشتري من حيث كثرة عدد التوابع حيث يبلغ عدد أقماره عشرة أقمار، وتدور تسعة منها حوله في اتجاه واحد. بينما يدور العاشر في اتجاه معاكس.

٧ - أورانوس Uranus : اكتشف هذا الكوكب سنة ١٧٨١ وهو صغير الحجم بالنسبة للمشتري وزحل، ولكنه أكبر من الأرض بكثير حيث أن حجمه يزيد عن حجمها ٩٤ مرة. وهو يبعد عن الشمس بنحو ٢٨٧٢ مليون كيلومتر، وإتم دورته حولها في ٨٢ سنة، أما دورته حول نفسه فأسرع من دورة الأرض حول نفسها، فهي تستغرق حوالي عشر ساعات ونصف. وهو أشد برودة من زحل والمشتري، ويقدر معدل درجة حرارته بنحو - ١٨٣° م. وهو يشبه كلا من زحل والمشتري في تركيبه العام، فهو يتكون من نواة صلبة تحيط بها طبقة جليدية يكاد سمكها يعادل سمك الطبقة الجليدية في زحل، كما أن غلافه الغازي يشبه الغلاف الغازي لزحل والمشتري، ويتبع هذا الكوكب خمسة أقمار.

٨ - نبتون Neptune : اكتشف هذا الكوكب في سنة ١٨٤٦. وهو يبعد عن الشمس بنحو ٤٥٠١ مليون كيلومتر (٣.٠٠٦ وحدة فلكية) وتستغرق دورته حولها ٩٦ سنة، ويتبعه قر واحد. وهو لا يختلف كثيرا من حيث الحجم أو التركيب عن أورانوس ولكنه أشد منه برودة، ويقدر معدل درجة حرارته بنحو - ٢١٠° م، ويبلغ سمك طبقة الجليدية نفس سمكها في كل من زحل وأورانوس وهو ٩٠٠٠ كيلو متر تقريبا. أما سمك غلافه الغازي فيبلغ نحو ٣٠٠٠ كيلو متر.

٩ - بلوتو Pluto : وهو آخر ما اكتشف من الكواكب السيارة، وقد

تم اكتشافه في سنة ١٩٢٠ ، ويبلغ بعده عن الشمس حوالي ٥٩.٩ مليون كيلومتر (٥٩.٥٧ وحدة فلكية) وتستغرق دورته حولها ٢٤٨٣ سنة ، ويلاحظ أن فلكه ليس موازيا لفلك نبتون بل إنه يتقاطع معه مما يجعله في بعض الأوقات أقرب منه إلى الشمس . ولا يزال حجم بلوتو غير معروف بالضبط ، ولكن من المعتقد أن حجمه قريب من حجم الأرض ، كما أن تركيبه مازال غير معروف .

الكويكبات Asteroids : وهي عبارة من مجموعة من عدة آلاف من الكتل الصلبة التي تسبح في الفضاء المحصور بين فلكي المريخ والمشتري ، وهي متباعدة في أحجامها بحيث يزيد قطر قليل منها من ٧٠٠ كيلومتر بينما يقل قطر الكثير منها عن كيلومتر واحد . ويمتد بعض العلماء أن هذه الكويكبات كانت في الأصل كوكبا متكاملًا ، ولكنه تفكك لسبب غير معروف وظلت أجزاؤه تدور في أفلاك قريبة من فلكه الأصلي . ولا تعتبر هذه الكويكبات من الكواكب للسيارة المتح ، ولكنها على أي حال جزء من المجموعة الشمسية . وأكبرها هو الكويكب سيريس Ceres وقطره حوالي ٧٥٠ كيلومترًا ، وتوجد فيه ثلاثة كويكبات فقط يزيد قطرها على ١٥٠ كم ، أما الآلاف الباقية فأصغر من ذلك .

القمر

نظراً لقرب القمر من الأرض ولتأثيره المباشر على حياة الإنسان فقد احتل مركزاً هاماً في أفكار الشعوب وتخيلاتها منذ بدء الحياة البشرية حتى عصر الفضاء الحالي الذي وصل فيه الإنسان فعلاً إلى سطح القمر ، وبوصوله إليه أمكنه أن يلتفت في دراسته له من مرحلة الرصد البعيد إلى مرحلة الدراسة

المبجلة على الحس والمشاهدة . وقد كانت بداية هذا الانتقال هي الرحلة التي قام بها اثنان من رواد الفضاء الأمريكيين في سفينة الفضاء « أبولو ١١ » يوم ٢٠ يوليو سنة ١٩٦٠ . فقد تمول هذان الرجلان (وحما أرمسترونج وألن) على سطح القمر والتقطا كثيرا من الصور وجمعا كثيرا من عينات الصخور والذرة ، وفي ١٢ نوفمبر سنة ١٩٦٠ قام رائدان آخران برحلة مشابهة في « أبولو ١٢ » والتقطا المزيد من الصخور وجمعا المزيد من العينات . وقد ألقى الملاحظات التي سجلها الرواد والدراسات التي أجراها العلماء على الصخور والعينات كثيرا من الضوء على طبيعة القمر فأصبحت المعلومات الخاصة به أكثر دقة وتفصيلا .

ويميل بعض العلماء إلى الاعتقاد بأن للقمر ليس مجرد تابع الأرض وإنما هو كوكب قائم بذاته ، وهو على كل حال أصغر حجما منها بكثير حيث أن حجمه يعادل $\frac{1}{49}$ من حجمها ، ويبلغ طول قطره حوالي ٣٤٨٠ كيلومترا أي أكثر قليلا من $\frac{1}{4}$ قطر الأرض . ومتوسط كثافته ٣٫٣٤ ، وهو أقل من متوسط كثافة الكرة الأرضية . ولذلك فإن كتلة الأرض تعادل كتلته ٨١ مرة كما ، أن جاذبيته تعادل $\frac{1}{6}$ من الجاذبية الأرضية ، ولذلك فإن الشخص الذي يسير أو يمشي فوقه يشعر دائما بأنه خفيف جدا لدرجة أنه يستطيع أن يقفز إلى أعلى دون بذل أي مجهود . ويبلغ متوسط البعد بين القمر والأرض ٣٨٤٠٠٠ كيلومتر . أما طول فلكه حولها فيبلغ ٢٤ مليون كيلومتر تقريبا .

تضاريس سطح القمر :

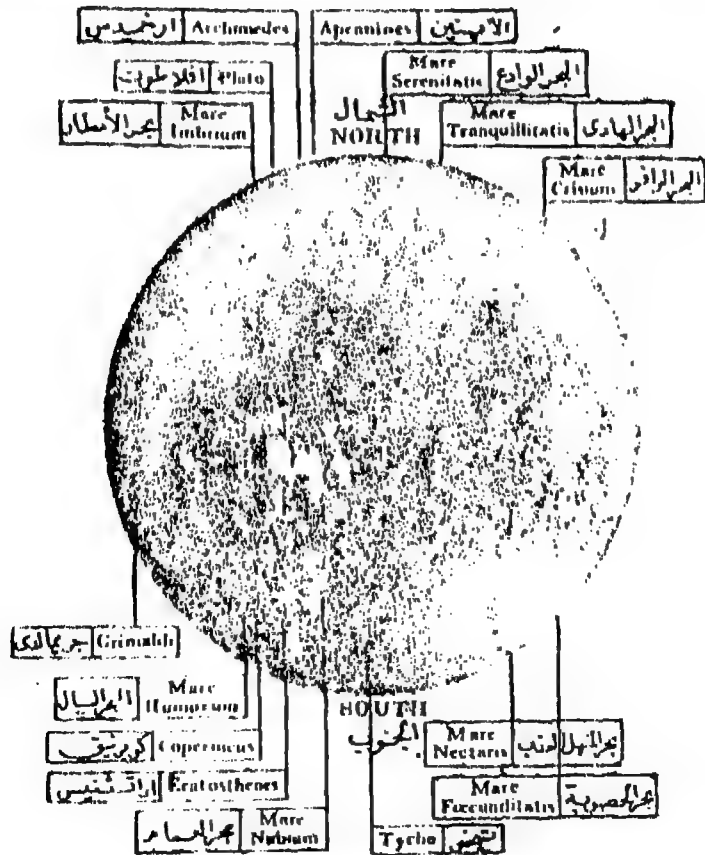
من الممكن حتى بالعين المجردة أن يدرك المرء أن سطح القمر ليس كله ذا طبيعة واحدة ، فبعض أجزائه يبدو داكنا وبعضها الآخر يبدو فاتحا ،

وقد ساعدت المناظر الفلكية المتقدمة حتى قبل عصر الفضاء على توضيح كثير من الحقائق الخاصة بسطح القمر بدرجة أمكن معها رسم بعض الخرائط له . وقد ظهرت في هذه الخرائط ثلاثة أشكال رئيسية للبحار هي :

(١) البحار Maria : وهي عبارة عن مسطحات واسعة ليس بها أى ماء ، ويبدو سطحها رماديا داكنا ، ويمزى ذلك إلى أن سطحها مغلي بطبقة من اللافا البازلتية والرماد البركاني الناعم ، وتغطي كثيرا منها تربة حشة ناعمة من الرماد ومن فئات الصخور . ويكون سمك هذه التربة كبيرا في بعض المواضع بحيث يصل إلى بضعة أمتار . وقد أطلقت على هذه البحار أسماء خاصة مثل البحر الهادئ *Mare Tranquillitatis* وبحر الأمطار *Mare Imbrium* وغيرها . ومعظمها أسماء يونانية قديمة موضوعة منذ عهد جاليليو الذى كان له الفضل الأكبر في كشف كثير من مظاهر سطح القمر بعد اختراعه للتلسكوب .

(٢) الجبال : وهي المناطق المرتفعة التي تفصل البحار بعضها من بعض ، ويمجد بعضها بشكل سلاسل طويلة مرتفعة ، بينما يظهر بعضها الآخر بشكل قمم مراكبية منعزلة ، وقد أعطيت لهذه الجبال أسماء معظمها مأخوذة من أسماء جبال الأرض مثل جبال الالب وجبال الانين وغيرها . وعلى الرغم من أن بعض سلاسل هذه الجبال ترتفع عن د البحار المجاورة لها بحوالى ٦٠٠٠ متر إلا أنها لا تبدو واضحة للشخص الواقف على سطح القمر إلا إذا كانت قريبا منها . أما إن بدر عنها بنحو كيلو متران فإنه قد لا يدركها لأنها تكون ماثلة مع الأفق بسبب صغر حجم القمر ، وتبدو جبال القمر فاكه اللون بالنسبة للبحار التي حولها .

(٣) الفوهات : وهي موجودة على سطح القمر بأعداد كبيرة جداً ، ويقدّر عددها بنحو مئات الآلاف ، وهي تشبه فوهات البراكين ، وبعضها فعلاً فوهات بركانية إلا أن أغلبها عبارة عن فجوات نتجت عن ارتطام النيازك والشهب بسطح القمر . وبعض الفوهات كبيرة الحجم جداً بحيث يصل قطرها إلى بضعة عشرات من الكيلومترات . ومثل هذه الفوهات يمكن مشاهدتها وتصورها من الأرض بالاستعانة بالمنظار المقربة ، ومع ذلك فإن أغلب الفوهات صغيرة الحجم وكثير منها لا يزيد قطره عن بضعة أمتار .



شكل (١٨) بحار القمر وجباله

نشأة القمر :

كما هي الحال بالنسبة لنشأة الأرض فإن نشأة القمر مازالت هي الأخرى غير معروفة ، على الرغم من وجود عدد من الافتراضات التي حاولت إلقاء بعض الضوء عليها . ومن أمثلة هذه الافتراضات افتراض يقول بأن القمر نفا نشأة مستقلة في نفس الوقت الذي نشأت فيه الأرض وب نفس الطريقة . وسنتكلم على نشأة الأرض في الفصل التالي .

وثمة افتراض آخر هو أن القمر انفصل عن الأرض في المنكب الذي يشغله حالياً القسم الشمالي من المحيط الهادئ . وقد جاء بهذا الافتراض عالم الفلك جورج داروين سنة ١٨٨١ ، حيث قال إن هذا الانفصال قد حدث بسبب دوران الأرض حول نفسها عندما كانت لا تزال ملتصقة . إلا أن هذا الافتراض واجه كثيراً من النقد حتى فقد معظم أهميته في الوقت الحاضر .

الفصل الثالث

حركات القمر وحركات الارض

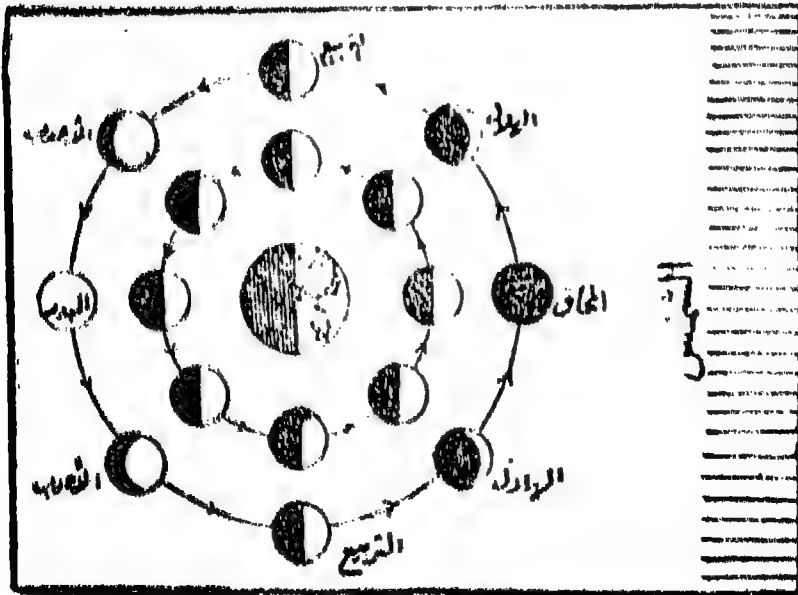
أولا - حركات القمر

أوجه القمر :

إن محصلة دوران القمر بسرعة معينة حول نفسه وحول الأرض ودورانها معاً حول الشمس هي السبب في أن جانباً واحداً من القمر هو الذي يقابل الشمس باستمرار بينما يظل الجانب الآخر في الاتجاه المضاد فينبئ لذلك مطلقاً باستمراره ويؤدي سقوط الأشعة الشمسية دائماً على الجانب المقابل للشمس أو على جزء منه على حسب الأوجه القمرية المعروفة إلى ارتفاع درجة حرارته ارتفاعاً شديداً ، بينما يظل الجانب الآخر مظلماً وشديد البرودة والجانب الذي تسقط عليه أشعة الشمس مباشرة هو الجانب الذي يظهر لنا كله أو بعضه مضيئاً على طول الشهر العربي على حسب النظام الذي تسمي عليه الأوجه القمرية المعروفة والذي يحدد هذه الأوجه هو موقع القمر بالنسبة للشمس والأرض أثناء دورانه حول الأرض ، ففي أول الشهر العربي يكون القمر واقفاً بين الشمس والأرض على خط واحد فلا نرى منه شيئاً لأن جانبه المظلم هو الذي يكون مقابلاً لنا ، ونطاق على عليه عندئذ اسم المحاق ، ولكن ما أن يبدأ الشهر حتى يأخذ الجانب الذي يواجه الشمس في الظهور تدريجياً تباعاً لدوران القمر حول الأرض من الغرب إلى الشرق ، ويسقط أشعة الشمس على الجزء الذي يظهر منه فانه يظهر مضيئاً بشكل ملاك في أول الامر ولكنه ينمو يوماً بعد يوم حتى يظهر في نهاية الأسبوع الأول بشكل نصف قرص يشتهر باسم التربيع الأول .. وفي حوالي يوم ١١ أو ١٢ من الشهر تكون حوالي ثلاثة أرباع القرص قد أصبحت مضيئة ، ويحرف القمر عندئذ باسم الأحدب ، فإذا كان منتصف الشهر

أصبح القرص كله مضيئاً وأصبح القمر - بدرًا - . وفي هذا الوقت يكون القمر قد أكمل نصف دورة كاملة في فلكه حول الأرض . ويكون جانب المضيء كله في مواجهة الأرض والشمس . ولكن مع استمرار دورانه حولها عن الغرب إلى الشرق يأخذ الجزء المضيء من قرصه في التناقص بنفس الطريقة التي نرايد بها في النصف الأول من الشهر ولكن بشكل عكسي ليعود أحداً فتريناً ثانياً فمهلاً ثم ينتهي بالحاق^١ حيث يبدأ الشهر العربي التالي (أنظر شكل ١٩) .

والمعاد عند ظهور أوجه القمر المختلفة ، هذا البدر ، ألا يكون الجزء غير المضيء من قرصه مخفياً تماماً بل إنه يكون مضاءً بضوء خافت جداً . وليس هذا الضوء إلا الضوء الذي ينعكس نحوه من سطح الأرض ، فكما أن القمر يرسل إلينا ضوءه نتيجة لانعكاس أشعة الشمس على سطحه ، فإن الأرض ترسل



(شكل ١٩) أوجه القمر

الأخرى ترسل إليه الضوء بعد انعكاس أشعة الشمس عليها . ومن الطبيعي أن يكون الضوء الذي ترسله الأرض إليه أقوى بكثير من الضوء الذي يرسله هو إليها بسبب كبر حجمها بالنسبة إليه وتغطية القسم الأكبر من سطحها بالمياه والغطاءات الجليدية التي يمكنها بفضل لمعانها أن تعكس كميات كبيرة من الضوء .

الشهر القمري (Lunar Month (or Synodic Month) : هو المدة التي تمر بين ظهور هلالين جديدين متتاليين ، وهي غالباً ٢٩ يوم قمرية ، وهي أيضا المدة التي تمر بين وقوع الأرض والقمر والشمس على خط واحد (وضع الحاق) وعودتهما مرة أخرى إلى نفس الوضع . ويلاحظ أن هذا الشهر يزيد بمقدار يومين عن المدة التي يستغرقها القمر فعلاً لإتمام دورة كاملة حول الأرض وهي ٢٧ يوم . وتحسب هذه المدة بمقارنة موقع القمر والأرض بالنسبة لنجم آخر غير الشمس ، وهي على هذا الأساس تمثل المدة التي تمر بين وقوع الأرض والقمر وأحد النجوم على خط واحد مرتين متتاليين . ويطلق على هذه المدة تعبير الشهر النجمي Sidercal month ^(١) ، أما السبب في زيادة طول الشهر القمري عن الشهر النجمي يومين فهو أنه بينما يكون القمر سائراً في دورانه حول الأرض فإن الأرض نفسها تكون آخذة في التقدم في فلكها حول الشمس بمعدل درجة واحدة في اليوم . وهذا يهتم على القمر أن يواصل دورانه لمدة يومين إضافيين في فلكه حولها حتى يصل إلى الوضع الذي يكون فيه هو والأرض والشمس على خط واحد ^(٢) .

(١) Sidercal أسما لاتيني ومعناها 'المتعلق بالنجوم' of the Stars .

(٢) (Earth Science) (S. N. 4 . Stone, D. B.) (٢)

3rd ed. 1965, P. 394.

خسوف القمر Lunar Eclipse وكسوف الشمس Solar Eclipse :

نحدث هاتان الظاهرتان نتيجة لدوران القمر حول الأرض ودورانها مع
حول الشمس ففي أثناء هذا الدوران يحدث في بعض الأوقات أن تقع
الأرض بين الشمس والقمر بحيث يسقط ظلها عليه ، فعندئذ يحدث الخسوف
ويبدو الجزء الواقع في الظل من القمر معتما . فالخسوف ببارة أخرى هو
تعتيم القمر أو جزء منه نتيجة لسقوط ظل الكرة الأرضية عليه عندما تقع
بينه وبين الشمس . وقد يكون الخسوف كليا إذا وقع القمر بأكمله في
مخروط ظل الأرض وجزئيا إذا كان ظله يغطي جزءا منه فقط . ولا يحدث
الخسوف إلا إذا كان القمر بدرا ، وإكته لا يحدث مع كل بدر لأن فلك
القمر لا يقع في نفس مستوى فلك الأرض وإنما يميل عليه بمقدار خمس درجات
ويستغرق الخسوف الكلي عادة حوالي ساعتين . وفي هذا الخسوف يبدو
منطقة شبه الظل Penumbra (وهي المنطقة المحيطية بمنطقة الظل نفسها
Umbra) معتمة بحيث لا تكاد ترى إلا بصعوبة .

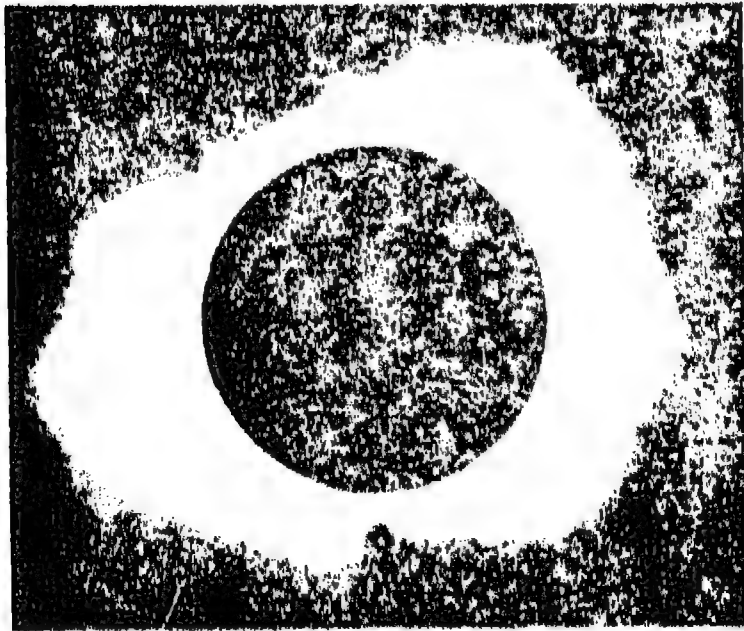


شكل (٢) خسوف القمر وكسوف الشمس

أما كسوف الشمس فيحدث عندما يقع القمر بين الشمس والأرض بحيث
يسقط ظله على الأرض ، ولذلك فإنه لا يحدث إلا عند ظهور الهلال في أول
الشهر ، وإكته لا يحدث في أول كل شهر بسبب ميل فلك القمر على مستوى
فلك الأرض . وقد يكون الكسوف كليا Total Eclipse إذا حجب ظل
القمر قرص الشمس كله ، أو جزئيا Partial Eclipse إذا حجب جزءا منه ،

ولكن إذا حدث ولم يصل اعداد مخروط ظل القمر إلى الأرض فإن قرص الشمس يبدو وحوله حلقة دائرية مضيئة ، ويعرف هذا الكسوف بالكسوف الحلقى . Annular Eclipse

وكسوف الشمس أكثر حدوثاً من كسوف القمر ، ومع ذلك فإن المرات التي يمكن مشاهدته فيها أقل من المرات التي يشاهد فيها كسوف القمر لأن الكسوف لا يظهر إلا في منطقة صغيرة جداً بسبب تناقص مساحة مقاطع مخروط ظل القمر بسرعة في المسافة المحصورة بينه وبين الأرض ، ويؤدي ذلك إلى أن الكسوف الكلي لا يرى إلا في شريط ضيق على سطح الأرض والواقع أن قطر مخروط الظل الذي يسبب هذا الكسوف يبلغ مادة ١٣٦ كيلو متراً فقط .



شكل (٧١) كسوف كلي (لاحظ وجود الحالة المتوسطة حول الشمس)

وبلاحظ أنه ، بخلاف ما يحدث في الخسوف ، فإن منطقة شبه الظل على قرص الشمس تكون واضحة بحيث تسهل مشاهدتها ، ولا شك أن صغر المنطقة التي يظهر فيها الكسوف الكلي في مكان ما ، هو السبب في قلة مشاهدته ، حتى أنه يعتبر من الاحداث الفلكية النادرة التي يلتفت الفلكيون من مختلف بلاد العالم لرصدها في المنطقة التي ينتظر حدوثها فيها . ولئن كان الخسوف الكلي للامر يستمر ساعتين فإن الكسوف الكلي للشمس لا يستمر نهاراً إلا دقائق معدودة .

ثانياً - حركات الارض

أولاً - خطوط الطول Longituden وخطوط العرض Latitudes :

إن خطوط الطول مارة عن أنصاف دوائر ممتدة بين القطبين . وهي نفس الخطوط التي يطلق عليها كذلك تعبير خطوط الزوال Meridians of Longitude ^(١) وذلك لأن الشمس ترتفع إلى أعلى وضع لها (الزوال) في كل الأماكن الواقعة على أى خط منها في منتصف النهار mid-day في وقت واحد . وسطح الكرة الأرضية مقسم إلى ٣٦٠ درجة طولية منها ١٨٠° إلى الشرق من خط جرينيچ (خط طول صفر) والـ ١٨٠° الأخرى إلى الغرب منه . وارجع أهمية خطوط الطول أهمية خاصة إلى علاقتها بتغير الزمن بين الشرق والغرب وإمكان استخدامها مع خطوط العرض لتحديد المواقع الجغرافية على الخرائط ومن الواضح أن خطوط الطول ليست متوازية وأن المسافة التي تشغلها الدرجة الطولية الواحدة هي أكبر ما تكون على خط الاستواء ثم تتناقص كلما اتجهنا نحو القطبين حتى تصل إلى أدناها عند القطب نفسه ، فعند

(١) كلمة Meridian مأخوذة من الكلمة اللاتينية Meridies ومعناها

Mid-day أى منتصف النهار (P. 8 (G . Kellaway, 1 58

خط الاستواء بابع المسافة التي تشغلها الدرجة الطولية ١١١٥٣ كيلو مترا بينما يباغ نصف ذلك المقدار عند خط عرض ٩٠° وتنتهي إلى لا شيء عند القطب .

أما خطوط العرض ، أو دوائر العرض ، فهي عبارة عن دوائر متوازية أكبرها هي دائرة خط الاستواء ثم يتناقص طولها تدريجيا كلما اتجهنا نحو القطبين على حسب شكل الكرة ، وإن توازي هذه الدوائر (أو الخطوط) هو الذي جعلها تعرف كذلك باسم خطوط العرض المتوازية Parallels of Latitude وقد قسم سطح الكرة الأرضية بين القطبين إلى ١٨٠° عرضية تسعون منها شمال خط الاستواء وتسعون منها جنوبه ، وعلى العكس من الدرجات الطولية التي يتناقص طول مسافتها كلما اتجهنا نحو القطبين فإن الدرجات العرضية كلها متساوية وخصوصا في العروض الدنيا أما في العروض العليا (١) فإن مساحة الأرض هناك يترتب عليها زيادة طول المسافة التي تشغلها كل درجة من الدرجات العرضية بعض الشيء عنها في بقية العروض ، فبينما نجد أن المسافة التي تشغلها للدرجة العرضية عند خط الاستواء مثلا هي ١١٠ كيلو مترات تقريبا فإنها تباغ ١١١ كيلو مترا قرب القطبين ، وعلى الرغم من أن الفرق بينهما بسيط في حد ذاته فإنه يؤدي إلى بعض الخطأ في رسم خرائط العالم إن لم يحسب له حساب ، لأنه يؤدي إلى إظهار المناطق الواقعة في العروض العليا على الخريطة أوسع بكثير من المنطق المسارية لها فعلا في العروض الدنيا .

وخطوط العرض لها أهمية مناخية وفلكية كبيرة بسبب علاقتها بحركة الشمس الظاهرية وتناوب الفصول ودرجة ميل الأشعة واختلاف طول الليل والنهار . كما أنها تستخدم مع خطوط الطول لتحديد مواقع الأماكن المختلفة وخصوصا في البحار والمحيطات والمصايد الواسعة والمناطق القطبية حيث لا توجد علامات جغرافية مميزة .

وأشهر الدوائر العرضية التي لها أهمية جغرافية وفلكية خاصة هي : خط الاستواء وهو خط العرض ، ومدار السرطان والجدى ودرجتها ٢٣°٥ شمالا

(١) «العروض الدنيا» و«العروض العليا» ما تعبران طامان يقصد بهما العروض القريبة من خط الاستواء والعروض القريبة من القطبين على الترتيب .

وجنوبا على الترتيب ، وهي معادلة الزاوية ميل محور الأرض على الخط للعمودي ، ثم الدائرتان القطبيتان ودرجتهما هي ٦٦١٥° شمالا وجنوبا ، وهي تعادل الزاوية التي يميل بها محور الأرض على المستوى الذي يقع فيه فلكها .

وخط الاستواء هو خط الاعتدال ، وترجع أهميته إلى أن نظام الفصول في شماله معاكس لنظامها في جنوبه ، كما أن أشعة الشمس لا تقبل عنه بأكثر من ٢٣٦٥° في أى وقت من الأوقات ، وأن طول الليل وطول النهار يتساويان عنده على مدار السنة .

أما السرطان ومدار الجدي فهما أهم نقطتين تصل إليهما الشمس في هجرتهما الظاهرية نحو الشمال ونحو الجنوب ، لما أن تعمل الشمس في تحركها الظاهري شمالا إلى مدار السرطان في ٢١ يونيو حتى تقفل راجعة نحو الجنوب إلى أن تصل إلى مدار الجدي في ٢١ ديسمبر فتزجج ثانية نحو الشمال . ومعنى ذلك أن الشمس لا تعتمد على أى خط عرض من الخطوط الواقعة وراء هذين المدارين من ناحية القطبين في أى وقت من الأوقات خلال السنة ، بينما تعتمد مرتين على كل خط عرض من الخطوط الواقعة بين المدارين وذلك أثناء تحركها الظاهري نحو الشمال ونحو الجنوب ، ويبلغ طول الفترة التي تفصل مرقى الاعتماد ستة أشهر على خط الاستواء نفسه ، ثم تتناقص كلما ابتعدنا عنه نحو المدارين ، اللذين يحدث الاعتماد على كل منهما مرة واحدة .

أما الدائرتان القطبيتان فهما يحددان بداية المناطق التي يوجد فيها يوم كامل أو أكثر لا تغرب له شمس في قلب الصيف ويوم كامل أو أكثر لا تشرق له شمس في قلب الشتاء . ويتزايد عدد الأيام التي لا تغرب لها شمس في الصيف أو التي لا تشرق لها شمس في الشتاء كلما اقتربنا من القطبين حتى تصل إلى ستة أشهر عندهما .

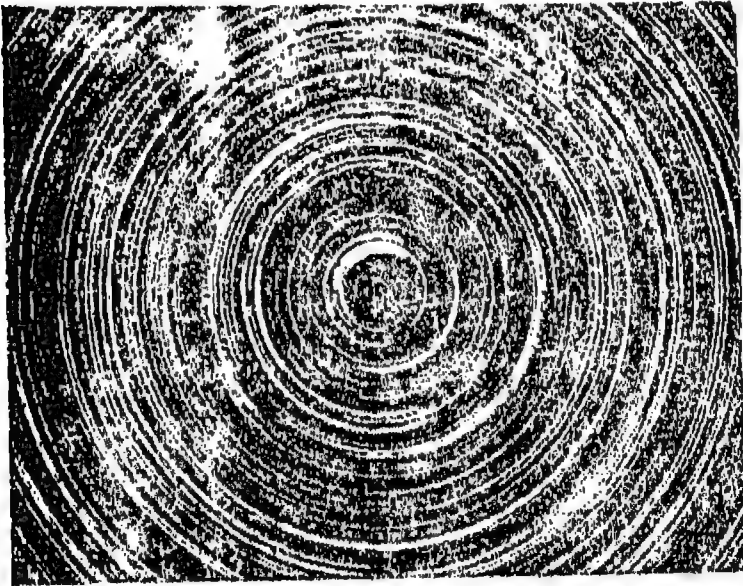
الدوائر العظمى Great Circles : ويصعد بها الدوائر الطولية أو الدوائر العرضية التي يمكن أن ينقسم بها سطح الكرة الأرضية إلى نصفين متساويين .

ولا توجد على هذا الأساس إلا دائرة عرض عظمى واحدة هي الدائرة الاستوائية ، أما الدوائر الطولية العظمى فيمكن أن يوجد منها أى عدد ، لأن أى خطي طول متقابلين تماما يمكن أن تكون منهما دائرة عظمى ينقسم بها سطح الكرة الأرضية إلى نصفين متساويين .

الأهمية الجغرافية لدوران الأرض وميل محورها :

لدور الكرة الأرضية دورتين إحداها حول محورها Rotation وتستغرق ٢٤ ساعة ، والأخرى في فلكها حول الشمس Revolution وتستغرق $365\frac{1}{4}$ يوم . وتنطلق الأرض في هذا الدالك بسرعة فائقة تبلغ حوال ٣٠ كيلو مترا في الثانية (١٠٨٠٠ كيلو متر في الساعة) .

وعلى الرغم من السرعة الفائقة التي تدور بها الأرض سواء حول نفسها أو في فلكها حول الشمس فأننا لا نشعر بها لأن كل شيء ملابها من صلبور ومياه وهواء وحياة يتحرك في وقت واحد بنفس السرعة ولكن من الممكن



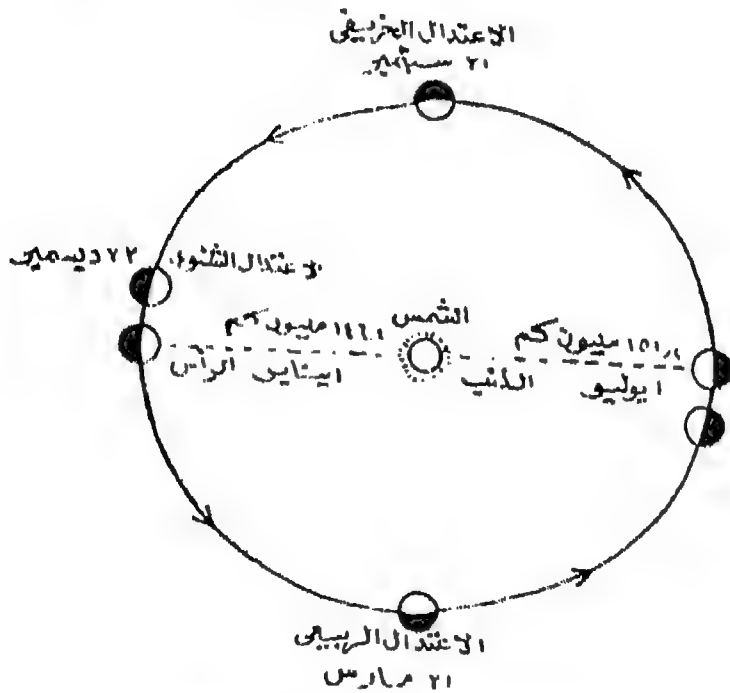
شكل (٧٧) منظر السماء معصور عند القطب وتبدو الاجرام السماوية وكأنها تدور بسرعة حوله مركز السماء أى حول النجم القطبي

أن نلاحظ هذا الدوران من الصور الفوتوغرافية التي أخذت طول الليل في المنطقة القطبية للنجم القطبي والنجوم القريبة منه (شكل ٧٧) فقد أظهرت الصور أن هذه النجوم قد دارت حول النجم القطبي الذي يشير إليه محور الأرض فرسمت حوله مسالك دائرية ، ولما كانت هذه النجوم لا تتحرك فعلا بهذه الصورة فإن الخطوط الدائرية التي تبدو وكأنها سارت على طولها إنما سبها هو دوران الأرض حول محورها .

وعلى الرغم من دوران كل ما على الأرض نفسها في نفس اتجاه دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق فإن حركة الرياح والتيارات البحرية قد تتحرر بعض الشيء من هذا الارتباط ، ولكنها مع ذلك تظل معاصرة بدوران الأرض ولكن بنظام خاص ، فالعروف أن هذا الدوران يؤدي إلى انحراف الرياح إلى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمال وإلى يساره في نصفها الجنوبي على حسب قانون مشهور هو قانون فرل Ferrel's Law ، ويظهر نفس هذا التأثير كذلك على اتجاه التيارات البحرية في المحيطات الواسعة ولكن بصورة أقل وضوحا منه بالنسبة للرياح .

وبما أن فلك الأرض حول الشمس أقرب إلى الشكل البيضاوي منه إلى الشكل الدائري ، فإن له مركزيين ، شأنه في ذلك شأن أى شكل بيضاوي . ولذلك فإن الشمس قد توجد في أحد المركزين في بعض الاوقات ثم تنقل إلى المركز الآخر في أوقات أخرى ، على حسب ما يفرضه دوران الأرض نفسها ، ونتيجة لذلك فإن الأرض قد تكون أقرب إلى الشمس في بعض الاوقات منها في أوقات أخرى على حسب موقعها بالنسبة للمركز الذي تتواجد فيه الشمس . ومن المعروف أن الشمس في الوقت الحاضر تكون في وقت الانقلاب الشتوي (٢١ ديسمبر) واقعة في المركز الأقرب إلى الأرض ، ويبلغ البعد بينهما أدناه في أول يناير حيث يبلغ ١٤٦٦٤ مليون كيلومتر ، وبالمقابل إن الشمس موجودة وقتئذ في نقطة الرأس Perihelion . بينما يحدث

العكس في وقت الانقلاب الصيفي (٢١ يونيو) حيث تكون الشمس في المركز الأبعد عن الأرض ، ويباغ البعد بينهما أقصى في أول يوليو حيث يبلغ ١٥١.٢ مليون كيلو متر ، وإذ إن الشمس عندئذ موجودة في نقطة الذنب Aphelion ^(١) (شكل ٢٣) وعلى الرغم من أن الأرض تكون في فصل الشتاء أقرب إلى الشمس بحواله ٤.٨ مليون كيلو متر وأن الأشعة الشمسية التي تصل إلى أعلى جو الأرض في هذا الفصل أكبر من التي تصل إليه



شكل (٢٣) البعد بين الأرض والشمس في المراحل المختلفة

في الصيف بحواله ١٠.٧ / فإن هناك عوامل مختلفة أخرى تؤدي إلى إلغاء تأثير هذه الريبة ، بل وإلى برودة فصل الشتاء ، ومن أهمها شدة ميل أشعة الشمس في هذا الفصل مع قصر النهار ، وخصوصاً كلما اتجهنا نحو القطبين ،

(١) helion باللاتينية مشتقاً من الشمس ، و Peri قريب ، و ap بعيد .

وكثرة ما يرتد إلى الفضاء من أشعة الشمس بواسطة السحب وغيرها من المواد العالقة دون أن يستفيد به جو الأرض (١) .

وبالإضافة إلى ما تقدم فإن دورتي الأرض وميل محورها في اتجاه واحد باستمرار لها نتائج جغرافية وفلكية غاية في الأهمية بسبب علاقتها المباشرة بكل المظاهر الطبيعية والحَيَوية على سطح الأرض . ويمكننا أن نلخص هذه المظاهر فيما يلي :

أ - تعاقب الفصول على مدار السنة .

ب - تقابح الليل والنهار وتباين طولهما .

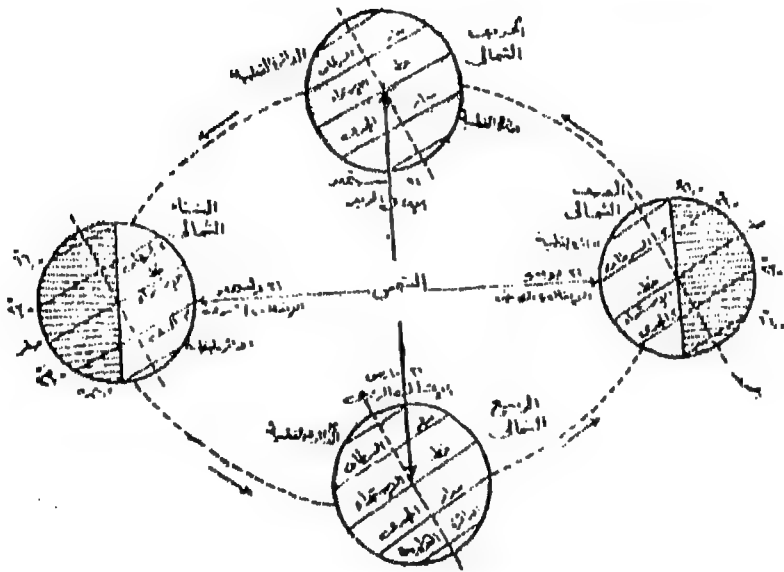
ج - اختلالات الزمن في الأماكن الواقعة على خطوط طولية مختلفة .

تعاقب الفصول :

يرجع هذا التعاقب إلى دوران الأرض في فلكها حول الشمس وميل محورها مع بقاء هذا الميل ثابتا في اتجاه واحد بزاوية قدرها $23^{\circ} 45'$ على الاتجاه العمودي على المستوى الذي يقع فيه هذا الفلك . فهذان العاملان هما اللذان يؤديان إلى هجرة الشمس هجرة ظاهرة على دائرة البروج ما بين المدارين مما يجعلها تعامد مرة في السنة في نهاية رحلتها نحو الشمال على مدار السرطان في ٢١ يوليو ، وهو يوم الانقلاب الصيفي ، ومرة أخرى في نهاية رحلتها نحو الجنوب على مدار الجدي في ٢١ ديسمبر ، وهو يوم الانقلاب الشتوي . وفي أثناء تعامدها على مدار السرطان يكون القطب الشمالي أقرب وضع له إليها بينما يكون القطب الجنوبي على أبعد وضع له عنها وهكذا يكون الفصل صيفا في شمال خط الاستواء بينما يكون شتاء في جنوبه (شكل ٢٤) .

(١) تسمى هذه الظاهرة باسم « الألبيدو الأرضي Earth's Albedo » ، وتعنيها تدور الأرض وجوها على رد أشعة الشمس إلى الفضاء دون أن تتأثر بها حرارة الجو .

وفي أثناء تحرك الشمس الظاهري بين المدارين فإنها تعتمد مرتين على كل العروض الواقعة بينهما ، إلا أن الفترة التي تمر بين مرتين الاعتماد تبلغ أضعافها وهو ستة أشهر (٢١ مارس و ٢١ سبتمبر) على خط الاستواء . فم تتناقص تدريجياً كلما اتجهنا نحو القطبين حتى لا يكون هناك إلا مرة اعتماد واحدة على كل مدار من المدارين . ومرتنا اعتماد الشمس على خط الاستواء هما المعروفتان باسم الاعتدالين .



شكل (٢٤) تعاقب الفصول

تتابع الليل والنهار وتباين طولهما :

إن تعاقب الليل والنهار هو النتيجة المباشرة لكروية الأرض ولدورانها حول محورها أمام الشمس مرة واحدة كل يوم ، ولكن إذا فرض وكان محور الأرض عمودياً على مستوى فلكها حول الشمس لكان طول الليل وطول النهار متساويين باستمرار على مدار السنة في كل مكان على سطحها ، ولذلك فإن

ميل المحور على هذا المستوى هو المسئول عن العيائن الذي نعرفه في طول الليل والنهار في كل العروض ماعدا منطقة خط الاستواء الذي يباين فيها طولها طوال السنة تقريبا فباستثناء هذه المنطقة نجد أن طول نهار الصيف يزيد دائما من طول ليله بينما يزيد طول ليل الشتاء عن طول نهاره في كل العالم .
ويعزى هذا الفرق بينهما تدريجيا خلال الصيف كلما اقتربنا من يوم الانقلاب الصيفي (١) Summer solstice ، وخلال الشتاء كلما اقتربنا من يوم الانقلاب الشتوي Winter solstice ، ولذلك فإن أطول نهار وأقصر ليل في السنة يكونان في يوم ٢١ يونيو في نصف الكرة الشمالي وهو تاريخ الانقلاب الصيفي ، بينما يكون أقصر نهار وأطول ليل في نفس النصف في يوم ٢١ ديسمبر وهو تاريخ الانقلاب الشتوي . ويعزى هذا الفرق بينهما تدريجيا كما بعدنا عن خط الاستواء نحو القطبين ، ففي يوم الانقلاب الصيفي مثلا يكون طول النهار عند خط الاستواء ١٢ ساعة ثم يزيد إلى ١٥ ساعة عند خط عرض ٣٠° شمالا و ٢٠ ساعة عند خط عرض ٦٣° و ٢٤ ساعة عند الدائرة القطبية ، أي يكون هذا اليوم عندها كله نهارا ، ثم يزايد عدد الأيام التي تكون كلها نهارا حتى تصل إلى شهر كامل عند خط عرض ٦٧° وأربعة أشهر عند خط عرض ٩٨° ثم ستة أشهر عند القطب الشمالي نفسه ، وفي هذا الوقت يكون القطب الشمالي في أقرب وضع له إلى الشمس ويدور هو والمنطقة المحيطة به باستمرار في ضوء الشمس ، بينما يكون القطب الجنوبي في أبعد وضع له عنها ويدور هو والمنطقة المحيطة به باستمرار في المنطقة التي لا تصلها أشعة الشمس طول السنة أشهر ، ويحدث عكس ذلك تماما في فصل الشتاء .

أما في فصل الربيع والخريف ، وهما فصل الاعتدالين فتكون الشمس

(١) Solstice كلمة أصلها لاتيني من مقطعين هما sol ومعناها شمس و stice ومعناها يعترف

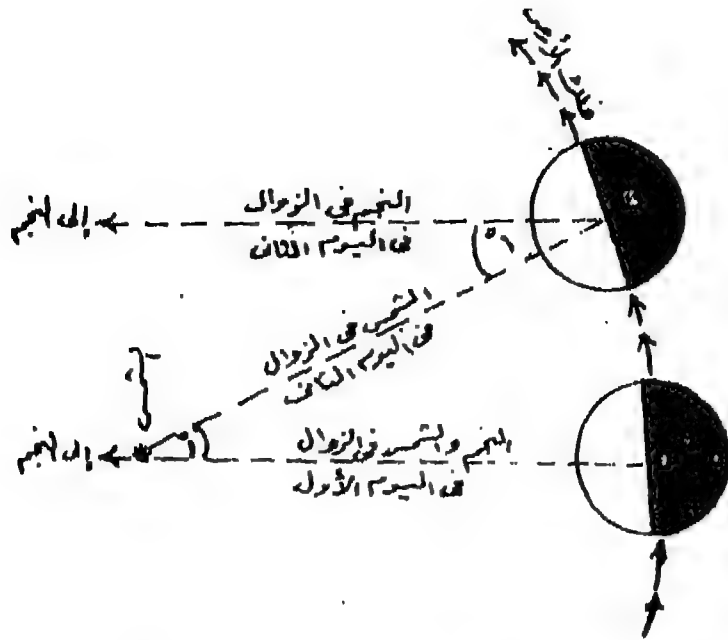
معادلة على خط الاستواء ، وعندئذ يكون الليل والنهار متساويين تقريبا في كل العروض ، ويكون طول كل منها ١٢ ساعة ، ويحدث الاعتدال الربيعي (١) Spring Equinox عندما تصل الشمس إلى خط الاستواء أثناء هجرتها الظاهرية نحو الشمال ، ويكون ذلك في ٢١ مارس بينما يحدث الاعتدال الخريفي Autumn Equinox عندما تصل الشمس إلى هذا الخط أثناء هجرتها الظاهرية نحو الجنوب . ويكون ذلك في ٢٢ أو ٢٣ سبتمبر .

اليوم النجمي Sidereal day واليوم الشمسي Solar day :

قبل أن ننهي كلامنا على تعاقب الليل والنهار نتيجة لدوران الأرض حول نفسها يحسن أن نحدد هنا المقصود بـ «يومين فلكيين متساويين» هما : اليوم النجمي « » واليوم الشمسي « » ، فالمقصود باليوم النجمي هو المدة التي تتقضي بين ظهور نجم من النجوم في سمت الرأس في ليلتين متتاليتين ، وهي تقل الوقت الذي تستغرقه الكرة الأرضية في الدوران حول محورها مرة واحدة ، ومقدارها ٢٣ ساعة و٥٦ دقيقة و٩ ثوان ، أما اليوم الشمسي فهو المدة التي تتقضي بين ظهور الشمس في أعلى وضع لها (الزوال) في يومين متتاليين ، وهو يبلغ ٢٤ ساعة ، أي يزيد من اليوم النجمي بمقدار ٣ دقائق و٥٦ ثانية .

وعلى الرغم من أن اليوم النجمي هو الذي يبين المدة الحقيقية التي تستغرقها الأرض في إتمام دورة حول نفسها بالضيء فإنه لا يهم إلا الفلكيين ، أما اليوم الشمسي فهو الذي يهمنا في كل الدراسات وكل مظاهر الحياة لأنه يمثل حقيقة العلاقة الواقعة بين دوران الأرض حول نفسها وبين حركة الشمس الظاهرية . أما السبب في زيادة طول اليوم الشمسي بمقدار ٣ دقائق و٥٦ ثانية عن اليوم

(١) Equi = متساوي و nox = ليل ، والسكلة من أصل لاتيني ومعناها تساوي الليل والنهار .



شكل (٢٥) مودة الأرض إلى وضعها تحت الشمس

النجم فيرجع إلى أنه في الوقت الذي تدور فيه الأرض حول محورها فإن الشمس نفسها تكون سائرة في رحلتها الظاهرية عبر البروج . ولذلك فإن الأرض تحتاج إلى زيادة دورتها فليست بدرجة واحدة لكني تلتحق بها وتعمل إلى نفس الموقع الذي كانت فيه تجدها مباشرة . والوقت الذي تستغرقه الأرض لإتمام هذه الزيادة هو ٣ دقائق و ٥٦ ثانية ويتكرر هذه العملية كل يوم فإن مجموع الزيادات التي تجميع في سنة كاملة يكون معادلا لدورة كاملة بالضبط من دوران الأرض حول نفسها . ومعنى ذلك أنه على الرغم من أن عدد أيام السنة كما نعرف هو $365 \frac{1}{4}$ يوم فإن عدد الدورات التي تعدها الأرض فعلا في هذه المدة هو $366 \frac{1}{4}$ دورة .

(١) محمد عبد السلام السكرداني - « التجويز في مسالكها » - ١٩٢٣ ملحق ١٦٥ .

الختلاف الزمن :

إن التغير الذي نلاحظه على الوقت كلما سافرنا شرقا أو غربا هو أحد النتائج المهمة لدوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق بسرعة ثابتة أمام الشمس ، ويتوقف معدل تغير الزمن على السرعة التي تدور بها الأرض حول محورها . ويمكن قياس هذه السرعة بالمسافات أو بالدراجات . فحسابها بالمسافات يكون على أساس قسمة طول دائرة العرض على ٢٤ ساعة . ولكن نظرا لأن طول دوائر العرض يتناقص من خط الاستواء نحو القطب فإن المسافة التي تقطعها أى نقطة على الدائرة الاستوائية أثناء دوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق تزيد عن المسافة التي تقطعها أى نقطة على أى دائرة عرضية أخرى في نفس الزمن ، وتتناقص المسافة بالتدرج كلما اتجهنا نحو القطبين . فبينما تقطع أى نقطة على الدائرة الاستوائية مسافة ٤٠٠٧٧ كيلومترا (١٥٠٠٠ ميل وهو طول هذا الخط) في ٢٤ ساعة أى بسرعة ١٦٧٠ كيلو مترا في الساعة فإن أى نقطة على دائرة عرض ٦٠° ، التي يبلغ طولها حوالى نصف طول الدائرة الاستوائية تكون سرعتها ٨٤٠ كيلو مترا في الساعة فقط ، لأن هذه الدائرة سبيل دورتها كذلك في نفس المدة أى في ٢٤ ساعة . أما عند القطب نفسه فإن السرعة تكاد تنعدم ، ولو فرض أن شخصا كان واقفا في هذه النقطة لمدة ٢٤ ساعة فكل ما سيحدث له أنه سيدور حول نفسه دورة واحدة في هذه المدة .

أما حساب السرعة بالدراجات فيعتمد على أساس أن كل دائرة من دوائر العرض مقسمة إلى ٣٦٠° طولية وأن كل دائرة منها تكمل دورة كاملة كل ٢٤ ساعة . ومعنى ذلك أن سرعتها تكون ١٥° في الساعة أو درجة واحدة في كل ٤ دقائق ، وهى سرعة واحدة على كل دوائر العرض ولذلك فإنها هى

المستخدمة في تحديد الزمن وفي حساب الفروق الزمنية بين أى مكان والاماكن الموجودة في شرقه والاماكن الموجودة في غربه حتى ولو كانت والعلة في عروض مختلفة وذلك على أساس إضافة ساعة لكل ١٥° طولية أو ٤ دقائق لكل درجة واحدة إن كنا متجهين نحو الشرق أو طرحها إن كنا متجهين نحو الغرب.

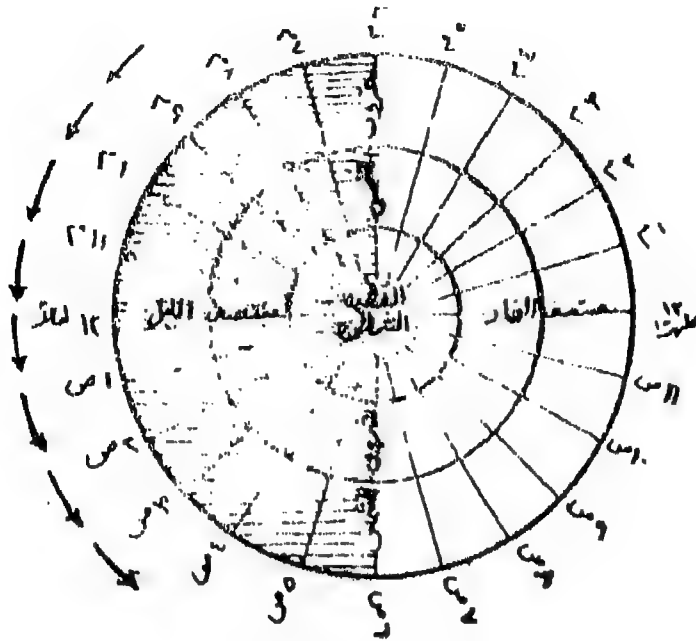
التوقيت المحلي والتوقيت القياسي :

والكل مكان على سطح الارض توقيت محلي خاص به . ويحسب هذا التوقيت بالنسبة لتوقيت جرينيتش بعد أن يضاف إليه أو يطرح منه الفرق الزمنى المناسب لحظ طول المكان شرق خط جرينيتش أو غربه . ويحسب هذا التوقيت مادة على أساس الوقت الذي تكون فيه الشمس في أعلى وضع لها في السماء وهو وقت الظهر أو الزوال . ويكون هذا الوقت دائما واحدا في كل الاماكن الواقعة على خط طول واحد ، وهذا هو السبب في تسمية خطوط الطول باسم Meridians . فهذه الكلمة مأخوذة من أصل لاتيني هو Meridies ومعناها Mid - day أى الظهر أو الزوال .

ولا يستخدم التوقيت المحلي غالبا إلا لتحديد مواعيت الصلاة ومواعيت الصيام والافطار في البلاد الإسلامية ، وفيها هذا ذلك فإنه مع غير العمل أن تستخدم كل مدينة أو كل قرية في الدولة الواحدة توقيتها المحلي في شؤون الحياة العامة لما يترتب على ذلك من اضطراب في تنسيق أعمال الدولة ومواصلاتها الداخلية والخارجية ، ولذلك فقد رأى توحيد التوقيت في نطاقات متعاقبة ، أو في الدولة الواحدة . وأصبح هناك ما يعرف بالتوقيت (أو الزمن) القياسي Standard time . وبمقتضاه اتفق على تقسيم سطح الكرة الارضية إلى نطاقات طولية يشغل كل منها ١٥° طولية ابتداء من خط جرينيتش ، بحيث يستخدم في كل نطاق منها توقيت موحد هو التوقيت الزوال لأحد خطوط الطول التي

تتجلى ويصير في الناس بين الشرق والغرب في تلك المدة الزمنية بين أي نطاق والى الجوارك هو مائة واحدة (١). ولكن على الرغم من أن هذا القدر القياسي هو المفقود عليه دوايا فإن كشيء من الدول لا تعيد به لأهداف قومية أو لاشباب تتدلى بمساحتها أو موقعها ، والسداد هو أن تتعارف الدولة خطوط طول ماصتها أو إحدى مدنها الأخرى أو أحد مرصدها الكبرى أساسا لتوليها الواحد . لمصر مثلا تسير على توقيت خط طول مرصد حلوان قرب القاهرة وفرنسا تسير على توقيت خط طول مرصد باريس وبريطانيا تسير على جرينتش والمندلى توقيت خط طول مرصد مدراس . وهكذا ، إلا أن الدول ذات الامتداد الشاسع بين الشرق والغرب مثل الاتحاد السوفيتي والولايات المتحدة وكندا وجدت أن توقيتا قياسيا واحدا ليس كافيا لها فقسمت نفسها إلى أكثر من نطاق زمني واحد ، سواء على أساس النطاقات القياسية المتفق عليها (كل ١٥° طولية) أو على أساس أى تقسيم جغرافي آخر . ففي الولايات المتحدة توجد أربعة نطاقات زمنية ، اكل منها توقيت القياسي ، ففي الشرق يستخدم توقيت خط طول ٧٥° غربا ، وفي الوسط توقيت خط ٩٠° غربا ، وفي إقليم الجبال توقيت خط ١٠٥° ، وفي الغرب توقيت خط ١٢٠° . ويوجد في الاتحاد السوفيتي أكبر عدد من النطاقات الزمنية وهو أحد عشر نطاقا ، وتأتي بعدها كندا وبها ستة نطاقات ، ويطلق مثل هذا التقسيم كذلك في المحيطات الراسعة ، حيث يقوم البحارة والمسافرون بتعديل ساعاتهم باستمرار كلما انتقلت الباخرة من نطاق زمني إلى النطاق الجوارك ، أي كل ١٥° طولية (شكل ٢٦) .

(١) اتفق على تحديد الأوقات القياسية بهذه الطريقة في مؤتمر دول هند خصبيا لبحث هذا الموضوع في واشنطن سنة ١٨٨٤ .



شكل (٢٦) نطاقات الزمن

خط التاريخ الدولي International Date Line

المقصود بهذا الخط هو خط العاقل الذي يغير منه التاريخ ، إما بتقديم يوم كامل أو تأخير يوم كامل عن التاريخ السابق لعبوره . وقد اتفق دولياً^(١) على أن خط طول ١٨٠° الذي يقطع المحيط الهادى من أقصى شماله إلى أقصى جنوبه هو أصلح خط لهذا الغرض ، حيث أن الشرق الزمنى بين توقيعه وتوقيت خط جرينيتش يبلغ فى مجموعه ٢٤ ساعة أى يوماً كاملاً ، لأن توقيعه يسبق توقيت جرينيتش بمقدار ١٢ ساعة لو حسبتها بالسير شرقاً ، وتأخر عنه بعلمها لو حسبتها بالسير غرباً) ولذلك فإن المسافرين عبر المحيط الهادى يضطرون لتغيير اليوم أو لاحتاله كما هو عند عبورهم لهذا الخط على

(١) تم هذا الاتفاق و مؤتمر واشنطن سنة ١٨٨٤

حسب اتجاههم عند عبوره ، فإن كانوا متجهين نحو آسيا فانهم يسقطون من حسابهم يوما كاملا فاذا كان وصولهم إلى هذا الخط يوم جمعة فانهم يسقطون يوم السبت ويقتلون مباشرة إلى يوم الأحد ، أما إن كانوا متجهين نحو أمريكا فانهم يكررون يوم الجمعة نفسه دون تغيير .

وقد كان عدم تلبه بحجارة ماجلان الذين بقوا على قيد الحياة بعد رحلتهم حول العالم إلى هذه الحقيقة هو السبب في جهلهم عند ما وصلوا إلى برشلونه في أسبانيا فقد فوجئوا بأن يوم وصولهم إلى أسبانيا كان يوم ٨ سبتمبر سنة ١٥٢٢ ، في حين أنهم كانوا يعتقدون بحسابهم أنه يوم ٧ سبتمبر . ولو أنهم تلبهوا إلى ضروره تغيير التاريخ عند عبورهم لخط طول ١٨٠° لما حدث هذا الاختلاف .

ولما كان خط ١٨٠° يمر في بعض المناطق في وسط بعض الاراضي والجزر التي تتبع دولا معينة فقد وجد أنه من المصلحة إجراء بعض التعديلات الخاصة على اتجاه خط التاريخ الدولي حتى يطبق في مثل هذه الجزر أو الاراضي نفس التاريخ المطبق في الدولة التي تتصل بها أو التي تكون قريبة منها ، ولهذا السبب نجد أن هذا الخط ينقوس نحو الشرق في منطقة بوغاز بهرج لكي يكون التاريخ المطبق في الطرف الشرقي لسيبيريا هو نفس التاريخ المطبق في الجانب الآسيوي . وإلى الجنوب من ذلك ينحرف الخط مرة أخرى نحو الغرب لكي يكون التاريخ في كل جزر أوشيان هو نفس تاريخ الجانب الأوراسي . وإلى الجنوب من خط الاستواء يتزحزح الخط نحو الشرق بنحو ٧١/٢ درجة ، لكي يكون التاريخ في مجموعات جزر فيجي وتونجا وغيرها من الجزر الموجودة في نفس المنطقة هو نفس التاريخ الموجود في نيوزيلندة (انظر شكل ٢٧) .

الفصل الرابع

أصل الأرض

تهـد :

كان موضوع « أصل الأرض » من أعقد الموضوعات التي واجهت المفكرين منذ أن بدأت النهضة الأوروبية في القرن الخامس عشر .

وعلى الرغم من التقدم العلمي الحديث وكثرة ما كتب في هذا الموضوع فإنه مازال ، وسيظل دائماً ، يتحدى الفكر البشري . وقد ظهرت خلال القرون الثلاثة الأخيرة آراء ونظريات عديدة حاولت الوصول إلى تفسير معقول للطريقة التي نشأ بها النظام الشمسي عموماً وكوكب الأرض خاصة . وعلى الرغم من أن بعض النظريات قد استندت إلى بعض الحقائق العلمية الحديثة فإن كل النظريات دون استثناء قد عجزت عن تفسير بعض الحقائق المهمة للعاصمة بالنظام الشمسي ، ولم تظهر حتى الآن نظرية يمكنها أن تدمج بأنها نجحت في إعطاء التفسير المقتنع لكل المظاهر المعروفة عن هذا النظام ، والواقع أن أي نظرية من النظريات لا بد أن تنهار لو أنها تعارضت مع أية حقيقة من الحقائق الثابتة ، مما كانت الأسس العلمية التي استندت إليها هذه النظرية ، ومن أمثلة الحقائق المهمة التي يجب على أية نظرية أن تكون قادرة على تفسيرها ما يأتي :

(١) دوران كل الكواكب السيارة حول الشمس في اتجاه واحد ، ودورانها حول نفسها في اتجاه واحد كذلك .

(٢) وجود الكواكب كلها في مستوى واحد .

(٣) دوران أحد أقمار المشتري وأحد أقمار زحل في اتجاه مضاد لإتجاه دوران بقية الأقمار .

(٤) تتقاطع فلك نيمون مع فلك بلونو ، على الرغم من أن أفلاك هدية الكواكب متوازية .

(٥) كون المسافات التي تفصل ما بين الكواكب تكبح متوالية حسابية تقريباً بحيث تكون المسافة بين أى كوكب وجاره الأبعد منه عن الشمس ضعف المسافة بينه وبين جاره الأقرب إليها .

(٦) البنية الشديدة لدوران الشمس حول نفسها ، يعكس دوران الكواكب حول نفسها ، على الرغم من أن أغلب النظريات توحي بأن هذا الدوران كان يجب أن يكون أسرع من ذلك بكثير .

نظريات تفسير نشأة المجموعة الشمسية ونشأة الأرض :

لن نتمكن هنا من ذكر كل النظريات التي وردت في هذا الموضوع ، وسنكتفي بعرض مختصر لأهم النظريات وأشهرها . وسنقسمها على أساس الافتراضات الرئيسية التي يلبت عليها إلى مجموعتين هما :

أولاً :- نظريات تفترض أن الشمس نشأت من جزليات صلبة أو غازية كانت تسبح منذ الأزل بكثرة هائلة في الفضاء وتجمعت بشكل سحب ضخمة من نوع السدم ، ثم انفصلت الكواكب عنها في مرحلة تالية . وسنطلق على هذه النظريات نظير « نظريات الجزليات الكونية والسدم » ومن أشهرها :

١ - نظرية للفيلسوف الألماني كانت Immanuel Kant سنة ١٧٥٥ .

٢ - نظرية العالم الفرنسي لابلاس Laplace سنة ١٧٩٦ ، وهي التي اشتهرت باسم النظرية السديمية .

٣ - النظرية الحديثة التي اقترحها الباحث الأمريكي ويل L. Whipple سنة ١٩٤٨ وأطلق عليها اسم « نظرية سحابة الغبار » .

ثانياً :- نظريات تفترض أن الشمس كانت موجودة منذ الأزل ثم انفصلت عنها الكواكب بطريقة أو بأخرى ، ومن أهمها النظريات التي تفترض

(مع اختلاف التفاصيل) أن انفصال الكواكب قد حدث نتيجة لحدوث مد شديد في سطح الشمس بسبب جاذبية نجم آخر أضخم منها أثناء مروره على مقربة منها .

وسنطلق على هذه النظريات عموماً اسم « نظريات المد الغازي » أو « المد النجمي » ، ومن أشهرها النظريات الآتية -

١ - نظرية الكويكبات Planitosimal Hypothesis ، التي اقترحها العالمان الأمريكان تشمبرلين Chamberlain ومولتون Moulton سنة ١٩٠٥ .

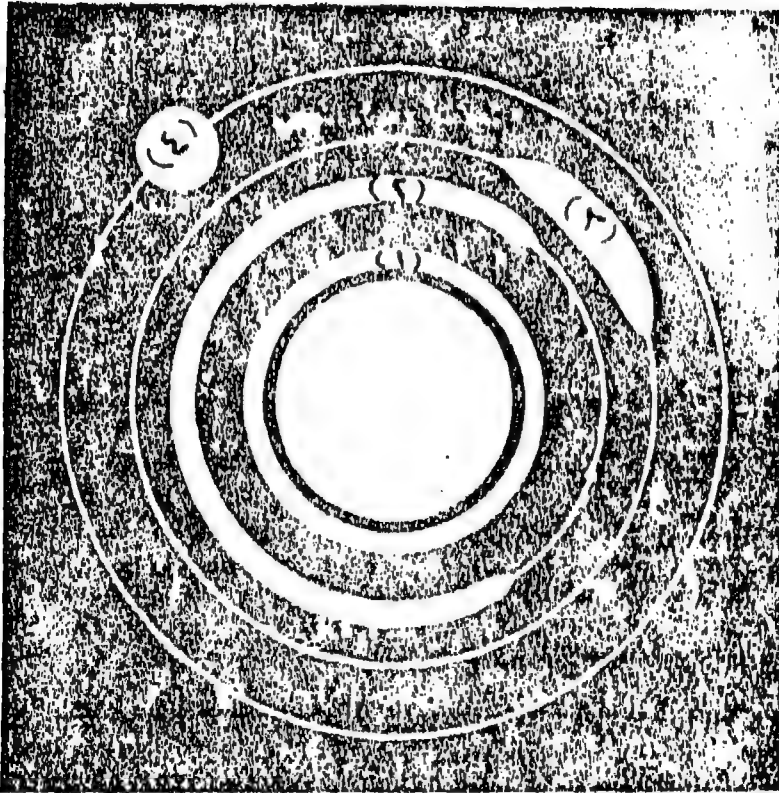
٢ - النظرية التي أوردها العالمان البريطانيان جينز و جيفريز Jeans and Jeffreys ، وهي في الواقع عبارة عن تعديل لنظرية الكويكبات يقصد بـجينز بعض الانتقادات التي وجهت إليها .

أولاً - نظرية الجزئيات الكونية والسديم :

١ - نظرية كانت :

يقول كانت إن المجموعة الشمسية نشأت في الأصل من جزئيات صلبة كانت تسبح منذ الأزل في الفضاء بكثافات مهولة وكانت الجزئيات في حركة مستمرة مما أدى إلى كثرة تصادمها وتزايد حرارتها حتى تحولت بالتدريج إلى كتلة سديمية ملتصقة ، ثم أخذت هذه الكتلة تنكش ويصغر حجمها بقوة الجاذبية ، كما بدأت في نفس الوقت تأخذ حركة دورانية حول نفسها . وكانت سرعة دورانها صغيرة في أول الأمر ولكنها أخذت في التزايد بسبب استمرار تناقص حجمها حتى أصبحت هذه الكتلة خاضعة لقوتين متعارضتين ، الأولى هي قوة جاذبيتها والثانية هي قوة الطرد التي نشأت من دورانها حول نفسها وقد أحدث قوة الطرد في التزايد تبعاً لتزايد سرعة الدوران مما أدى إلى انبعاج الحزام الأوسط الخارجى للكتلة ، وكان هذا الانبعاج شديداً لدرجة أدت إلى انفصال حلقات متتالية منه واندماجها بعداً من الكتلة الأصلية

ووصلت كل حلقة منها إلى البعد الذي نلساوي عنده قوة الطرد التي أبقتها مع قوة جذب الكتلة لها ، وبهذه الطريقة توزعت الحلقات حول هذه الكتلة وبدأت تدور حول نفسها ، وقد أدى دوراتها حول نفسها إلى اندماجها وتكورها فكونت منها الكواكب ، وقد ساعدتها على ذلك أنها لم تكن قد تصلبت بعد بل كانت لا تزال في حالة شبه غازية ، وقبل أن يتم تصلبها انفصلت عنها بنفس الطريقة حلقات صغيرة تكونت منها الأقمار .



شكل (٢٨) تصور مبسط لنظرية كانت

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| (١) حلقة حديثة الانفصال | (٢) حلقة بدأت تلغى |
| (٣) حلقة بدأت تتكرر | (٤) كوكب تم تكوره |

ولكن هذه النظرية واجهت اعتراضات كثيرة أهمها (١) أنها تتعارض مع الحلقة المعروفة عن البطء الشديد لدوران الشمس حول نفسها ، فلو سلمنا بأن سرعة دوران النكالة الأولية حول نفسها كانت تتزايد باستمرار بمعدل تناقص حدها (نتيجة لاندماجها وانفصال الكواكب عنها) فقد كانت المفروض أن تكون السرعة الحالية لدوران الشمس حول نفسها كبيرة جداً ، وهذا يخالف الواقع ، (٢) أنها لا تغطي نفسها معقولا لتولد الحركة الدورانية في النكالة السديمية ، إذ لا يخل أن تكون عمليتي التصادم والتجاذب بين جزيئات المادة الكونية هي السبب في تولد هذه الحركة .

٢ - نظرية لابلاس (السديمية) : Nebular Hypothesis :

لمست هذه النظرية في الواقع إلا تطوراً لنظرية « كانت » . وأهم فارق بينهما أن لابلاس لا يمد دعماً للافتراض بأن المادة الأولية الأولى كانت عبارة من جزيئات صلبة باردة ثم تحولت إلى سديم ملتهب ، وإنما يفترض أنها كانت منذ البداية سديماً ضخماً يدور حول نفسه ، وبهذا الافتراض تجنب لابلاس أحد الانتقادات التي وجهت إلى تفسير كانت لتكوين السديم واكتسابه للحركة الدورانية حول نفسه ، وسمح ذلك فالنظرية لابلاس واجهت نفس النقد الذي واجهته نظرية كانت بمخبر من جهازها عن تفسير بطء الحركة الدورانية للشمس حول نفسها . فلو فرضنا صيغة ما افترضه لابلاس من أن السديم الأول كان يدور حول نفسه منذ البداية فلا بد أن سرعة دورانه كانت ستزداد باستمرار نتيجة لتناقص حجمه ، وبناء على ذلك فقد كان المفروض أن تكون سرعة دوران النكالة التي بقيت بعد انفصال الكواكب والتي كبرت الشمس كبيرة ، وهذا يخالف الحقيقة .

٣ - نظرية سحابة الغبار Dust - Cloud Hypothesis :

وهي من أحدث النظريات التي وردت في تفسير نشأة المجموعة الشمسية .
وقد اقترحها الباحث الأمريكي ويل Fred L. Whipple في سنة ١٩٥٨^(١) .
وهي من أساسها اعداد لنظرية الجزيئات الكونية التي جاء بها كانت والنظرية
السديمية التي جاء لا بلاس ، ولكنها تتميز عنها بأن صاحبها حارل أن يدعمها
ببعض نتائج البحث العلمي الحديث ، وهو ما لم يكن معوفرا لكل من كانت
ولا بلاس .

والحقيقة العلمية التي بنى ويل عليها نظريته هي أن الفضاء الكوني ليس
فارغا تماما كما كان يظن من قبل ، ولكنه يحسوي على كيات من غبار
هكروسكوبي مبتر على مسافات متباعدة جدا لدرجة يبدو معها الفضاء وكأنه
فارغ تماما ، ولكن بالنظر إلى ضخامة هذا الفضاء بصورة لا يصورها العقل
فإن الغبار المبتر فيه يكفي لبناء ملايين النجوم ، حتى أنه يقدر مطلقا أن الغبار
المبتر في سكة اللبانة وحدها يكفي لبناء مائة ألف مليون نجم في حجم
الشمس . وجزيئات هذا الغبار متناهية في الدقة ، ولا يزيد قطر الواحدة منها
من $\frac{1}{100,000}$ من البوصة ، ومع ذلك فقد بين من تحليل بعضها أنها مكونة
من معظم العناصر المعروفة لنا ، ومنها الأندروجين والهيليوم والأكسوجين
والنيتروجين والكربون وغيرها ، كما تبين أنها تتجمع أحيانا بطء شديد
تحت ظروف خاصة فتتكون منها في بعض المواضع سحب ضخمة جدا ،
وأصلح الأماكن لتجميعها بهذا الشكل هي الأماكن التي يخف فيها ضوء

(١) Fred L. Whipple; The Dust Cloud Hypothesis, in Scientific
American Incorporation, May 1984

النجوم ، لأن الضغط الضوئي يستطيع (على الرغم من ضآلته المتناهية) أن يحرك الغبار الميكروسكوبي بعيدا عن مصدر الضوء .

وعلى أساس هذا الرأي فإن جزئيات الغبار الكوني تميل للتجمع ببطء شديد حيثما يضعف الضوء ، وتتكون منها في البداية سحب صغيرة ، ولكن هذه السحب لا تلبث أن تنمو بسرعة لأن ظلامها يساعد على سرعة تجمع الغبار حولها ، فإذا لم يطرا على هذه السحب أى طارئ يشتت غبارها كأن يمر بوسطها نجم ضوؤه بالغ الشدة فانها تستمر في النمو ويزداد حجمها كما تزداد في نفس الوقت درجة كثافتها وجاذبيتها حتى تصل إلى درجة يصبح معها ضغط الضوء عاجزا عن تشتيتها ، ويرى وييل أن السحابة التي تصل إلى هذه الحالة يكون غبارها كائيا لبناء نجم في حجم الشمس وتكون منتشرة في منطقة قطرها حوالى ٩.٠٠ مليون كيلومتر (وهو ما يعادل البعد بين الأرض والشمس ٦٠ ألف مرة) . وفي هذه الحالة يبدأ ترسيب غبار السحابة نحو مركزها بقوة جاذبيتها ، وتكون عملية الترسب بطيئة في أول الأمر ولكنها تزداد تدريجيا كلما انكثت السحابة واتدمجت جزئياتها ، حيث أن الاندماج يؤدي إلى تزايد مستمر في درجة حرارتها حتى تتحول بمرور ملايين السنين إلى نجم ملتهب . وهذه هي الطريقة التي تكونت بها الشمس . وقد حافظت الشمس على حرارتها نتيجة لتفاعلات الذرية النووية التي أخذت تعولد في باطنها بسبب حرارته البالغة الشدة .

أما عن دوران الشمس حول نفسها وبطء هذا الدوران فيمررها وييل بأن هذا الدوران لم يبدأ إلا في المراحل النهائية لتكوين الشمس ، ففي المراحل الأولى لعمليات الترسب نشأت في السحابة تيارات كثيرة متعارضة لم تساعد على تكوين أى حبركة دورانية ، ولكن هذه التيارات أخذت تتناقص

فأخضع معظم التيارات المعارضة ولم يبق منها إلا تيارات رئيسية متجهة نحو المركز ، وهذه التيارات هي التي ساعدت على بدء الحركة الدورانية البطيئة .

ويرى ويبل أن الكواكب السيارة قد نشأت من نفس سحابة الغبار التي نشأت منها الشمس وذلك في المراحل الأولى لعمليات الترسيب . ففي هذه المراحل انسلخت من هذه السحابة سحابت صغيرة ، وكانت هذه السحابت منتشرة على طول التيار الرئيسى في السحابة الكبرى ، فكانت لذلك مرتبة على صف واحد تقريباً . وقد أخذت كل سحابة منها تنمو باجتناب غبار جديد إليها ، كما بدأت كل منها تكسب حركة دورانية حول نفسها وحول مركز السحابة الكبرى (باعتبار دورانها حول نفسها) ، وكانت سرعة دوران كل منها متناسبة مع حجمها ومع مدى تأثرها بتيارات هذه السحابة . وقد تخلقت السحابت الصغيرة في أماكنها بعد أن انحصرت عنها السحابة الكبرى نتيجة لانكماشها المريع ، وعندما كانت هذه السحابة تنحصر عن إحدى السحابت الصغيرة كانت الأخيرة تبدأ في التحول إلى كوكب مستقل ، والمفروض بناء على هذا ، أن يكون الكوكب بلوتو ، وهو أبعد الكواكب عن الشمس ، هو أول الكواكب ظهوراً ثم جاءت بعده الكواكب الأقرب فالأقرب وهكذا .

وكما أن تزايد سرعة الترسيب والانكماش في السحابة الكبرى هو المسئول عن اشتداد حرارتها وانكماشها فإن نفس هاتين العمليتين قد نتج عنها التهاب الكواكب ، ومع ذلك فقد كانت حرارتها أقل بكثير من حرارة السحابة الأصلية ، ولهذا فلم تحدث بها تفاعلات ذرية تؤدي إلى تجديد التهاب واستمرار انصهارها ، كما حدث في السحابة الأصلية ، فأخذ سطحها يبرد بالتدريج ونحوت إلى أجسام معتمة يينابيع باطن بعضها محتفظاً بحرارته .

وعلى أساس هذه النظرية فإن ويبل يرى أن العمليات التي أدت إلى تكوين

الجموعة الشمسية ما زالت مسعرة حتى الآن لتكوين نظم نجمية جديدة في الكون ، كما يعتقد أن هذه النظرية يمكنها أن تفسر كثيرا من الحقائق المعروفة عن المجموعة الشمسية مثل بقاء دوران الشمس حول نفسها وتوزيع الكواكب حولها في مستوى واحد .

نظريات اللد الغازي :

من الواضح أن البحث عن أصل المجموعة الشمسية كلها أمر بالغ التعقيد ، ولذلك فإن بعض الباحثين رأوا أن يختصروا المشكلة وأن يفترضوا أن الشمس نفسها كانت موجودة منذ الأزل وأنه يحاولوا تفسير كيفية انفصال الكواكب السيارة عنها . وأشهر النظريات التي وردت في هذا المجال النظرية التي اقترحها العالمان الأمريكيان تسمولين ومولتون ، والتي اشتهرت باسم نظرية الكويكبات ، وملخصها كما يلي :

نظرية الكويكبات : يقول صاحبها هذه النظرية وهما تسمولين ومولتون أن الكواكب السيارة نشأت من أجزاء من سطح الشمس كانت قد قدت وانبعثت عندما مر بالقرب منها نجم آخر أكبر منها ، فقد أدت قوة جاذبية هذا النجم إلى حدوث مد في سطح الشمس المقابل له ، وحدثت في نفس الوقت انفجارات عنيفة في سطح الشمس بسبب التفاعلات الذرية التي تحدث بداخلها ، وقد أدت قوة الجاذبية النجمية مع قوة الطرد الناجمة عن الانفجارات المذكورة إلى انفصال الأجزاء المتعددة عن الشمس ولكنها ظلت مع ذلك متأثرة بجاذبيتها أما النجم الآخر فقد كان تأثيره أخذًا في التناقص بسبب ابتعاده ، ومع ذلك فقد ظلت جاذبيته تؤثر بعض الوقت تأثيرا محدودا في الأجزاء التي انفصلت عن الشمس ، وهذا التأثير هو الذي أعطى للأجزاء المنفصلة حركة دورانية حول الشمس وحول نفسها . ولم تكن هذه الأجزاء قد تصلبت بعد ولذلك

فاتها تفككت أثناء دررائها وتحولت إلى أجزاء صغيرة بدأ كل منها يتصلب بعيدا عن الآخر، وتكونت منها كويكبات عديدة إلا أن الكويكبات الكبيرة استطاعت بقوة جاذبيتها أن تجمع حولها بالدريج الكويكبات الأصغر إلى أن تكونت منها في النهاية الكواكب السيارة المعروفة ومنها الأرض .

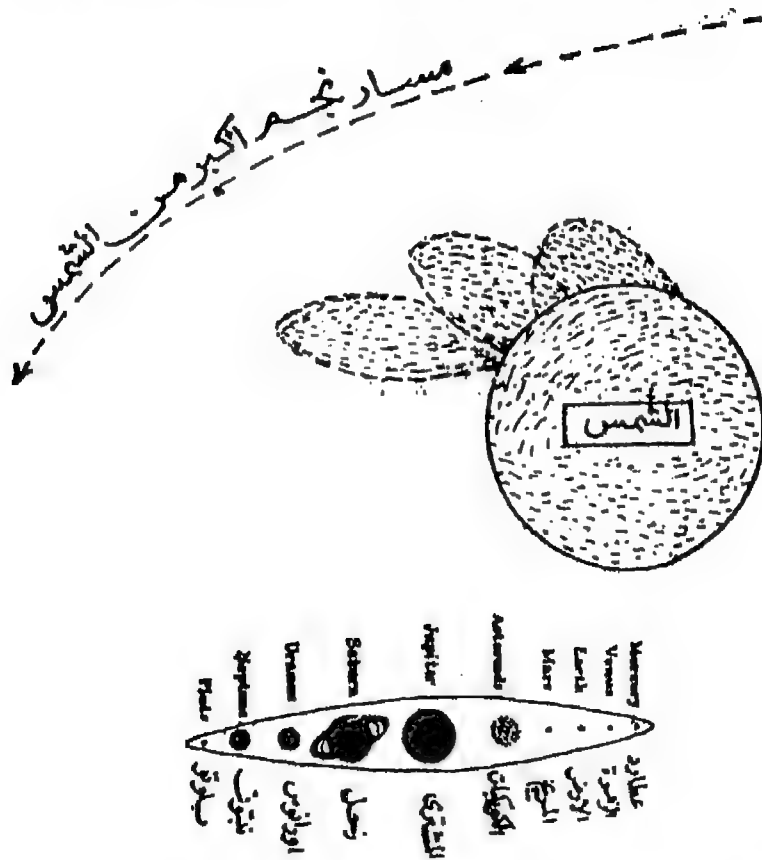
وكما هي الحال بالنسبة لباقي النظريات التي تعرضت لبحث هذا الموضوع فقد تعرضت هذه النظرية لانتقادات كثيرة لأنها عجزت عن تفسير بعض الحقائق المهمة مثل وجود الكواكب السيارة كلها في مستوى واحد، وتناسب الأبعاد التي تفصلها عن بعضها وعن الشمس . كما عجزت عن تفسير تزايد كثافة المواد التي تتكون منها الأرض كلما أعمقنا نحو مركزها ، فلو أنها نشأت كما تقول النظرية من تجميع الكويكبات الصغيرة حول أحد الكويكبات الكبيرة فإنها لن تتمكن من إعطاء تفسير مقنع لترتيب المواد التي يتكون منها كوكب مثل الأرض الذي تزايد كثافة مواده بوضوح كلما تعمقنا نحو مركزه .

نظرية جيمس جينز J. Jeans وهارولد جيفريز H. Jeffreys :

هذه النظرية ليست في الواقع إلا تعديلا لنظرية الكويكبات ، ففي سنة ١٩٢٩ حاول هذان العالمان البريطانيان أن يتجنبا بعض أوجه النقص في هذه النظرية ، فقالا أنه ليس هناك داع للافتراض بأن الأجزاء التي انفصلت من الشمس كانت صغيرة في أول الأمر وإنما كانت قد بردت قبل أن تتجمع لتكون الكواكب ، وافترضنا بدلا من ذلك أن يكون قد انفصل عن الشمس لسان طويل يصل إلى البعد الذي يدور فيه فلك أبعد الكواكب منها وهو نبتون ، وقد كان هذا اللسان سميكا في الوسط ويتناقص سمكه نحو الطرفين . فلما تقطع بعد ذلك وتكونت منه الكواكب كان من الطبيعي أن يكون أكبر الكواكب في الوسط وأن توزع حول الكواكب الأصغر بالترتيب نظريا .

وهذا يفتق إلى حد كبير مع ما هو معروف عن توزيع الكواكب السيارة حول الشمس (شكل ٢٩) .

وعلى الرغم من أن هذا التعليل يمكن أن يفسر عددا من المظاهر العامة للمجموعة الشمسية ومنها توزيع الكواكب السيارة حول الشمس على حسب أحجامها فانه ظل عاجزا عن تفسير بعض الحقائق الأخرى المعروفة، ومن أهمها البعد الشديد لنوران الشمس حول نفسها ثم الاختلاف الكبير بين تركيب



شكل (٢٩) تصور تقريبي للسان الذي انفصل عن الشمس كما يراه جيونز وجي. ب. ر. ، وعلاقة ذلك بتوزيع الكواكب حسب أحجامها .

الشمس وتركيب معظم الكواكب، فالشمس مكونة ههوما من عناصر غازية خفيفة مثل الهيدروجين والهيليوم بينما تتركب الأرض ومعظم الكواكب الأخرى من مواد معدنية لها ثقل ذرى كبير مثل الحديد والألمنيوم. ولذلك فقد تعرضت آراء جينز وجيفريز لكثير من النقد وظهرت فيها آراء أخرى كثيرة مازالت هي الأخرى تعرض للنقد، ولا يتسع المجال للتوسع في بحثها^(١).

عمر الكرة الأرضية :

على الرغم من أن مشكلة تحديد الطريقة التي نشأت بها الأرض مازالت شديدة التعقيد فإن مشكلة تحديد عمر هذه الأرض ربما تكون أقل تعقيدا منها بكثير . ولذلك لأن الأساليب الحديثة المستخدمة في تحديد عمر المواد القديمة قد ساعدت على تحديد عمر أقدم صخور القشرة الأرضية، ولو بصورة تقريبية، ومن أم الأساليب التي استخدمت لهذا الغرض أسلوب التعادل الراديوى ، وعلى أساس الأبحاث التي أجريت حتى الآن يقدر الجيولوجيون أن عمر أقدم صخور للقشرة الأرضية يبلغ حوالى ثلاثة آلاف مليون سنة . وبما لا شك فيه أن التطورات التي مرت بها الكرة الأرضية نفسها قبل أن تتكون هذه الصخور قد استغرقت بضعة ملايين أخرى من السنين . وعلى هذا الأساس فإن بعض الكتاب يقدرون المدة التي انقضت منذ أن بدأت المرحلة الأولى لتكون

(١) لمزيد من القراءة في هذا الموضوع راجع :

عمد متولى - وجه الأرض - القاهرة ١٩٧١ - الفصل الأول .

حسن أبو العينين - كوكب الأرض - الاسكندرية ١٩٧٤ - الفصل الثاني .

جوده حسين - معالم سطح الأرض - القاهرة ١٩٧١ - الفصل الأول .

W M. Smart - The Origin of The Earth Pelican, 1959.

F Hoyle - Nature of the Universe London, 946.

الأرض حتى الآن بنحو ١٧ ألف مليون سنة (١) .

وقد أظهرت الأبحاث التي أجريت على أقدم صخور القشرة ، (أى الصخور التي يبلغ عمرها ثلاثة آلاف مليون سنة) أن بعض هذه الصخور من نوع الصخور الرسوبية وأن بعضها يحتوى على رواسب حموية وعلى ظاهرات أخرى تدل على أنها رواسب مالحة (٢) .

وفي هذا دليل على أن مياه البحار كانت موجودة منذ ذلك الوقت على سطح الأرض، أى أن البحار كانت هى الأخرى معاصرة لتكون أقدم الصخور (٣) .

عمر الحياة على الأرض :

على الرغم من أن صخور القشرة الأرضية ومياه المحيطات كانت قد وجدت بالفعل منذ حوالي ثلاثة آلاف مليون سنة ، كما سبق أن ذكرنا ، فإن الحياة لم تبدأ إلا بعد ذلك بمئات الملايين من السنين ، ولكن ليس من السهل تحديد زمن ظهورها لأول مرة في أبسط صورها ، وذلك لعدم وجود أى حفريات يمكن أن تساعد على تحديد هذا الزمن . ونرجع أقدم الأدلة الحفرية التي تم العثور عليها في الصخور القديمة إلى حوالي ٥٠٠ مليون سنة ، منذ ذلك الوقت ظهرت الكائنات ذات الخلية الواحدة وهى الأميبا ، وليست هذه الكائنات بالعاكبة هى بداية الحياة لأنها تعتبر كائنات متطورة جدا بالنسبة لكائنات أخرى ظهرت وتطورت قبل ذلك خلال مئات الملايين من السنين حتى وصلت إلى الأميبا . وكانت هذه الكائنات الحية عبارة عن فيروسات Viruses . ويعتبر التطور الذي تم من الفيروسات إلى الأميبا تطورا ضخما جدا لدرجة أن الكتاب يرون أنه لا يقل إن لم يزد في خطورته وفي تعقيداته عن التطور الذي حدث من مرحلة الأميبا إلى الإنسان ، فعلى الرغم من أن الأميبا ذات

Fred L. Whipple, - The Origin of the Earth - an Article (١)
in - The World of Geology - ed by L. Don Lee
1961, Mc. Graw - Hill. P. 21.

M. Grant Gross, - Oceanography - 196١, P 8., Merrill. (١)
Physical Series, Columbus Ohio.

خاية واحدة إلا أنها تعتبر في الواقع كائنات حيوانية متكاملة ، وأنها تعتبر كذلك الوحدة الأصلية التي تطورت منها كل الكائنات الحيوانية حتى وصلت إلى أرقى الدرجات المعروفة في الوقت الحاضر . وبهذه الطريقة جاء تطور الحياة النباتية على الأرض ، فعلى الرغم من أن الفطريات *Algae* هي أقدم الكائنات الحية النباتية المعروفة وأبسطها فلا بد أنها تطورت خلال عشرات الملايين من السنين قبل ظهورها من كائنات نباتية أخرى أبسط منها .

وبعض النظر عن الكائنات الحية الحيوانية والنباتية التي سبقت ظهور الاميبي والفطريات ، والتي لا يعرف عنها شيء ، يستحق الذكر لعدم وجود أي حفريات تدل عليها فإن تطور الحياة بعد ذلك قد مر في أدوار طويلة جدا استغرقت في مجموعها الخمسمائة مليون سنة الأخيرة من تاريخ الكرة الأرضية ، وقد قسم الجيولوجيون هذه المدة إلى أزمنة (أو أحقاب) طويلة *Eras* وقسموا كل زمن منها إلى عصور *Agos* أقصر نسبيا . ويمثل كل زمن وكل عصر من هذه الأزمنة والعصور مرحلة خاصة من مراحل التطور التي مر بها سطح الأرض سواء في أشكاله التضاريسية أو في مظاهر المناخية والحيوية (جدول ٢) . وبلاحظ أن طول الأزمنة والعصور يتناقص كلما تقدم الزمن ، ويرجع ذلك إلى تزايد التعقيد في مظاهر الحياة وزيادة الأدلة على تطورها مما يسمح بتكوين صورة عنها أكثر تفصيلا من الصورة التي يمكن تكوينها من الأزمنة والعصور الأقدم ، وكلما توغلتنا في القدم تناقصت الأدلة التي تدلنا على تطور الحياة إلا بشكل عام . ونستل من ذلك فإن التطورات التي حدثت في العصور الجيولوجية الأحدث هي التي تظهر آثارها واضحة في المظاهر الحالية لسطح الأرض وما عليه من مظاهر حيوية مختلفة من أهمها ظهور النوع البشري وتطوره .

جدول (٢)
الآمنة (الأحقاب) والمعصور الجيولوجية

الأرمنية (الأحقاب) وتواريخ بدايتها		المعصر		ور		والله		ترات		أشهر المظاهر الطبيعية والجيولوجية	
الكالينوزوي Calnozoic (أو زمن الحياة الحديثة)	الزمن الرابع Quaternary مليونين من السنين	هولوسين	Holocene	(حديث)	ما بعد عصر الجليد						
		البليستوسين	Pleistocene		عصر الجليد - الإنسان						
٧٠ - ٦٠ مليون سنة	الزمن الثالث Tertiary	بايوسين	Pliocene		الحركات أقدم البشرات						
		ميوسين	Miocene		الآلية الغرسة الحديثة						
		أوليغوسين	Oligocene		انتشار الحشائش						
		إوسين	Eocene		النباتات البرية الحديثة						
		باليسين	Paleocene		ذات الأزهار						
الميزوزوي Mesozoic (أو زمن الحياة المتوسطة) أو الزمن الثاني ٧٠٠ مليون سنة		كرطاسي	Cretaceous		انقراض الديناصور						
		جوارسي	Jurassic		الطيور الزواحف الكبرى						
		ترياسي	Triassic		الزواحف (الديناصور)						
الپالينوزوي Palaeozoic أو زمن الحياة القديمة أو الزمن الأول		برمي	Permian		الحركات المرسوبية						
		فحمي	Carboniferous		الكربونات الفحم - البرمائيات						
		ديفوني	Devonian		الحركات الكاليدونية الأسماك						
		سليوري	Silurian		هذه الثغريات						
		أوردوفيش	Ordovician		المراجلية						
٥٠٠ مليون سنة		كمبري	Cambrian		البرلويت						
ما قبل الكبرى ٣٠٠٠ مليون سنة	بروتروزويك Proterozoic أركي	صخور منصوبة				كائنات حيوانية دقيقة					
		وصخور رسوبية				رسوبية ونباتات دقيقة					
		صخور متحجرة ونارية				من الصخور					

جدول (٢)
الأزمنة (الأحقاب) والمصور الجيولوجية

الأزمنة (الأحقاب)		العصر		ور		واله		ترات		أشهر المظاهر الطبيعية والحيوية	
Cainozoic الكائينوزوي		الزمن الرابع		Quaternary		مليونين من السنين		مولوسين		ما بعد عصر الجليد	
(أو زمن الحياة الحديثة)								Pleistocene		عصر الجليد - الإنسان	
		الزمن الثالث		Tertiary		٦٠ - ٧٠ مليون سنة		Pliocene		الحركات أقدم البشريات	
								Miocene		الآلية الفردة العلنية	
								Oligocene		انتشار الحشائش	
								Iocene		النباتات البرية الثدييات	
								Paleocene		ذات الأزهار	
Mesozoic (أو)		الميزوزوي		Zurassic		جوراسي		Cretaceous		المتفحاض المتفحاض	
زمن الحياة المتوسطة (أو)				Jurassic		جوراسي		Triassic		الزواحف الكبرى	
الزمن الثاني ٢٠٠ مليون سنة						ترياسي				الزواحف (الدبناصور)	
Palaeozoic		الپاليزوي		Permian		برمي		Permian		الحركات الهرسية	
أو زمن الحياة القديمة				Carboniferous		فحمي		Carboniferous		تكوينات الفحم البرمائيات	
أو الزمن الأول				Devonian		ديفوني		Devonian		الحركات الكاليدونية الأسماك	
				Silurian		سليوري		Silurian		هذه القفريات	
				Ordovician		أردوفيشي		Ordovician		الجرانوليت	
				Cambrian		كبري		Cambrian		القرنوليت	
Proterozoic		بروتروزويك		Proterozoic		أركي		Proterozoic		صخور صخرية	
ما قبل الكبرى										صخور رسوبية	
٣٠٠٠ مليون سنة										صخور معجولة ونارية	
										كائنات حيوانية دنيئة	
										رخوة ونباتات دنيئة	
										من التطورات	

البَابُ الثَّانِي

- الفصل الخامس - أبعاد الكرة الأرضية وأغلفتها وطبيعة باطنها .
- الفصل السادس - التركيب المعدني والعمق لقرية الأرض .

الفصل الخامس

أبعاد الكرة الأرضية وأغلفتها وطبيعة باطنها

أبعاد الكرة الأرضية وأغلفتها الكبرى :

من المعروف أن الكرة الأرضية ليست كاملة الاستدارة ولكنها مضطربة قليلاً عند القطبين وبمجمعة قليلاً عند خط الاستواء ، ولهذا السبب فإن طول قطرهما الموصول بين القطبين ينقص بنحو ٤٣ كيلو متراً (٢٦٨٧ ميل) من طول قطرها الاستوائي ، كما أن محيطها المار بها ينقص بنحو ٧٧ كيلو متراً (٤٢ ميلاً) من محيطها الاستوائي ، وهذه الأخطاء هي :

القطر الاستوائي	١٢٧٥٧	كيلو متراً	(٧٩٢٦٧ ميل)
القطر المواصل بين القطبين	١٢٧١٤	•	(٧٩٠٠ •)
الحيط الاستوائي	٤٠٦٠٧٧	•	(٢٤٩٠٢ •)
الحيط المار بالقطبين	٤٠٥٠٠٠	•	(٢٤٨٩٠ •)

والذي يهتما في موضوع الجغرافيا الطبيعية للأرض بعلة خاصة هو أغلفتها الطبيعية الظاهرة التي ترتبط ارتباطاً مباشراً ولو بدرجات متباينة بكل المظاهر الطبيعية والحياة والبشرية على سطحها . وهذه الأغلفة هي :

١ - الغلاف الصخري - الليثوسفير Lithosphere . ويشمل كل النطاق الصخري الذي يغطي الباطن ، وهو غلاف غير محدد تماماً ولكنه ينفق عموماً مع ما يسمى بقشرة الأرض . (كلمة ليثوس أصلها يوناني قديم ومعناها صخر) . ويبلغ سمكه حوالي ٤٠ كيلو متراً . وهو يراكز على الباطن الذي يعرف باسم الباريوسفير .

٢ - الغلاف المائي الهيدروسفير Hydrosphere : ويشمل كل المياه الصالحة والمالحة التي توجد على سطح الأرض أو في صخورها أو في هوائها .

وأعظمها على الإطلاق هي مياه البحار والمحيطات التي تغطي حوالي ٧١ ٪ من السطح الكلي للكرة الأرضية .

٣ - الغلاف الجوي Atmosphere : وهو الغلاف الغازي الذي يحيط بالكرة الأرضية إحاطة تامة ، ويتراوح سمكه بين ٧٠٠ و ٣٠٠ كيلو متر من سطح البحر .

٤ - الغلاف الحيوي Biosphere : ويشمل كل أنواع الحياة في العالم من أدناها إلى أعلاها ، سواء منها ما يعيش في تربة أو البحر أو الجو ، وسواء منها ما هو نباتي أو ما هو حيواني .

وباستثناء الغلاف العنقري (الأيذوسفير) والباطن (الباريوسفير) الذين يوجدان كذلك في بعض الكواكب السيارة الأخرى ، وخمسة الكواكب الصغيرة القريبة من الأرض ، وهي عطارد والزهرة والمريخ (راجع الفصل الثاني) فإن الأرض تفسرد من بين كل الأجرام السماوية المعروفة بغلافها المائي وغلافها الجوي اللذين تسببا بدورهما في تكوين ما يمددها من غلاف حيوي غني ومتنوع (١) .

باطن الأرض أو الباريوسفير Baryosphere : (٢)

يشمل هذا الباطن كل ما يقع تحت القشرة الأرضية . وما زالت معلوماتنا

(١) يشترك غلاف من الاليفة المذكورة ميدانا رئيسيا من مبادئ الجغرافيا الطبيعية ولكن لن يتيسر لنا أن نعالجها كلها في هذا الكتاب ، حيث أننا خصصناه فصلا أساسية لدراسة سطح الأرض (الأيدوسفير) ونظرا لأن البحار والمحيطات تحتل حوالي ٧١ ٪ من هذا السطح فقد عالجتنا ما لم يكن باختصار في ثلاث فصول وهي : السابع والثامن والتاسع .

(٢) يطلق على هذا الباطن كذلك اسم الباثوسفير Bathosphere أو السنتوسفير Centrospher أي النطاق المركزي .

منه قليلة نسبياً ، ونقل هذه المعلومات كلما زاد تعمقنا نحو المركز . وكل المعلومات المعروفة عن الباطن تقريباً مبنية على الاستدلال والاستنتاج المبنيين على دراسة الموجات الزلزالية والنشاط البركاني وقوانين الجاذبية ، أما المعلومات المبنية على القياس والملاحظة فتتجهمر في قشرة الأرض أو الليثوسفير وأما المعلومات التي تهتمنا في دراسة باطن الأرض هي :

١ - درجة حرارته .

٢ - عرجة سيولته أو صلابته .

أما عن الحرارة فنلنا أنها تزايد كلما تعمقنا من السطح نحو المركز وقد دات الملاحظات التي أخذت أثناء عمليات حفر آبار البترول على أن المعدل التقريبي لهذا التزايد هو 37° مئوية كلما زاد العمق بمحور كيلو متر واحد . ولكن ليس من المعروف إن كان هذا المعدل يستمر بإطراد كلما زاد العمق أم أنه يتغير من نطاق إلى آخر كلما توغلنا نحو المركز ، ومع ذلك في المؤكد أن تزايد العمق يؤدي إلى تزايد الضغط الواقع على مواد الباطن وأن تزايد الضغط يتبعه بالضرورة ارتفاع في معدل تزايد الحرارة . ويقدر بعض الباحثين أن درجة الحرارة عند المركز نفسه تبلغ حوالي 4000° مئوية . وتعتبر شدة حرارة اللابة المنصهرة التي تخرج إلى السطح أثناء الثورات انفجارية كدليل قوي على شدة الحرارة الباطنية حتى في النطاق الذي تحت القشرة مباشرة ، وهو النطاق الذي تخرج منه معظم المواد المنصهرة .

وعلى الرغم من برودة سطح الأرض فليس هناك دليل على حدوث أي تناقص في حرارة باطنها بمرور الزمن ، إذ أن هناك عاملين رئيسيين يساهمان في هذا الباطن على الاحتفاظ بحرارته وهما : (١) تزايد الضغط الواقع عليه كلما اتجهنا نحو المركز ويقدر الباحثون أن الضغط الذي يقع على هذا المركز يعادل ضغط الغلاف الجوي على سطح الأرض أربعة ملايين مرة ، (٢) احتوائه على

بعض المواد المعدنية ذات الإشعاعات الذرية ، وهي إشعاعات تكفي لتوليد طاقة حرارية هائلة .

أما موضوع سيولة الباطن أو صلابته فعلى الرغم من أن اللافا التي تلتقطها البراكين تكون منصهرة فإن معظم الباحثين يقولون إلى الاعتقاد بأن مواد الباطن في جبلتها شديدة الصلابة . ولئن كانت هذه المواد سائلة أو رخوة في بعض النطاقات فإن هذه النطاقات محدودة جداً ، لأنه على الرغم من أن درجة حرارة الباطن تزيد كثيراً عن الدرجات المعروفة لصهر جميع المعادن (وهي على سطح الأرض) فإن وجود هذه المعادن تحت ضغط شديد جداً في الباطن يترتب عليه ارتفاع درجات انصهارها وبقائها صلبة في درجات أعلى بكثير من درجات انصهارها العادية فإذا ما خف الضغط الواقع عليها لأي سبب من الأسباب مثل انفكاس الطبقات التي فوقها أو انتنأها فلنأ سريان ما تنصهر وتندفع إلى السطح وهي في هذه الحالة، إذا وجدت طريقاً للخروج كما يحدث عند ثوران البراكين .

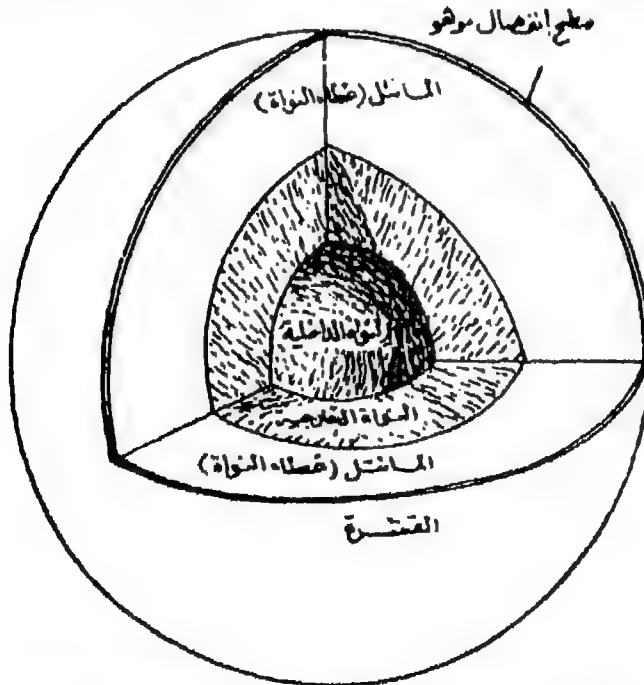
نطاقات الكرة من مركزها حتى سطحها :

على أساس المعلومات المتوفرة حتى الآن ، وأهمها المعلومات المستقاة من دراسة الموجات الزلزالية ، ينقسم جسم الكرة الأرضية إلى النطاقات الآتية :

- ١ - النواة Core ، وهي كتلة مركزية قطرها حوالي ٣٦٠٠ كيلومتر ، وتتكون من مواد معدنية أهمها النيكل والحديد . ولذلك تشتهر باسم نيف NIFE . وهي كتلة مكونة من جديتين يمثل كل منها الحرفين الأولين من كلمتي Nickel (نيكل) و Ferrum (حديد) ، وتتراوح درجة حرارتهما بين ٣٠٠٠ و ٤٠٠٠° مئوية . وهي تنقسم إلى نطاقين أحدهما داخلي شديد الصلابة ويحرق باسم النواة الداخلية Inner core والثاني الخارجي رخواً أو مائل للسيولة ، ويحرق باسم النواة الخارجية Outer core .

٢ - غطاء النواة Mantle ، وهو أسمك طبقات الكرة ، ويتكون من صخور قاعدية (بازلية) عظيمة الكثافة وشديدة الصلابة .

٣ - القشرة Crust ، وهي الغطاء الصخري الخارجى ، وهو غطاء رقيق لا يزيد سمكه على ١٠ كيلو متراً ، وقد يقل فى بعض المواضع ، مثل الجبال المحيطات العميقة ، عن عشرة كيلومترات . وهي تتكون من طبقتين السفلى منها مكونة من صخور أغلبها بازلية تتراوح كثافتها بين ٣ و ٣.٥ . ومن أهم العناصر التي تدخل فى تركيبها السليكا Silica والمغنسيوم Magnesium ، والشهر باسم السيماسيا Sima (وهي كلمة مكونة من الحرفين الأولين فى كلمتى سيليكاسيا)



شكل (٣٠) نطاقات الكرة الأرضية من المركز إلى سطح القشرة

وماغاسيوم) ، أما الطبقة العليا فتتكون من مواد جرانيتية تتراوح كثافتها بين ٢٦٥ و ٣ . وأهم العناصر التي تدخل في تركيبها السيليكا والألمنيوم ، وتشتمل باسم السايال Sial (وهي كلمة مكونة من الحرفين الأولين في كلمتي سيليكس والألمنيوم) .

ويطلق اسم « الموهو أو » سطح انفصال وهو « Moho Surface of Discontinuity » على السطح الذي تنلقى عنده اللشرة بقطاع النواة (وهو لا يعتبر طبقة من الطبقات) . وترجع أهميته إلى أنه يمثل مرحلة انتقالية تتميز عندها سرعة الموجات الزلزالية تغيراً فجائياً من ٦٧٢ كيلو متر في الثانية في أعلاه إلى ٨١ كم / ثانية في أسفله (١) .

(١) أول من اكتشف وجود هذا السطح هو العالم اليوغسلافي أندريجا موهووفيتشيك Andrija Mohorovičić (تنطق Mohoro vissik) ولذلك فقد نسب إليه (بعد اختصار اسمه إلى موهو) .

الفصل السادس

التركيب المعدني والصخري لقشرة الارض

التركيب الصخري للصخور :

الصخور عبارة عن مركبات من المعادن ، والمعادن بدورها عبارة عن مركبات من العناصر ، وذلك باستثناء بعض المعادن التي يتكون كل منها من عنصر واحد مثل الذهب والفضة والقصدير والفضة والرصاص . ومثل هذه المعادن لا تمثل على أية حال نسبة تستحق الذكر في التركيب العام للقشرة الأرضية بسبب قلة وجودها أو ندرتها . وعلى هذا الأساس يمكننا القول بأن العنصر هو وحدة تركيب المعدن وأن المعدن هو وحدة تركيب الصخر .

ويبلغ عدد العناصر المعروفة حتى الآن حوالي ١٠٨ عناصر ، ومع ذلك فإن ثمانية منها هي التي تكون ٩٨.٨٪ من تركيب الصخور القشرة ، وأم عنصر من هذه العناصر هو الأكسجين ، فهو وحده يتكون حوالي ٤٦.٧٪ من تركيب الصخور ، لأنه يتحد مع كثير من العناصر ويكون منها أكاسيد معدنية مختلفة من أشهرها أكاسيد الحديد وأكاسيد الكالسيوم والبوتاسيوم واليوتاسيوم وغيرها ، ويليه السيليكون الذي يساهم بمقدار ٢٧.٦٪ في تركيب الصخور ، أي أن هذين العنصرين وحدهما يدخلان بنسبة ٧٤.٤٪ في هذا التركيب .

وفها إلى أم العناصر التي تدخل في تركيب الصخور مرتبة على حسب نسبة مساهمتها في هذا التركيب .

٢٧٥٠ ر. /	الموديوم	٤٦٧١ ر. /	الاكسوجين
٢٥٨ ر. /	اليوتاسيوم	٢٧٦٩ ر. /	السيليكون
٢٠٨ ر. /	المغليسيوم	٨٧ ر. /	الالومنيوم
٦٢ ر. /	الفيانيوم	٥٠٥ ر. /	الحديد
١٤ ر. /	الاندروجين	٣٢٥ ر. /	الكلسيوم

أهم المعادن التي تتواجد في تركيب القشرة :

١ - الكوارتز (Quartz) ، وهو الذي يشتهر كذلك باسم (المرو) . وهو مركب من ثاني أكسيد السيليكون ، ويعتبر من أهم مركبات الصخور النارية والمتجولة والصخور الرملية . وهو شفاف إن كان نقياً ولكنه قد يكون مائلاً إلى البياض ، أما إن كان مختلطاً بشوائب ملونة فأن لونه يتغير بتغير لون هذه الشوائب . وهو ذو بريق زجاجي . Vitreous Lusture . وصلادته فوق المتوسطة (درجتها ٧) ^(١) ، وهو متبلور وبلوراته من مجموعة السداسي (Hexagonal) وهو لا يتشقق ولكن يمكن تكسيره وطحنه ، إلا أنه لا يحل بالاحماض . وفغلاً عن دخوله في تركيب كثير من الصخور فإن بلوراته توجد منفككة وتغطي مناطق واسعة جداً من سطح الأرض ويحدث هذا عندما ينفكك أو يتحلل الصخر الذي يتضمنه ، ففي هذه الحالة تترسب البلورات بشكل رمال أوحصى ، وليست الرمال الصخرية والحصى الذي يغطي مناطق واسعة من الصحارى إلاحيات كوارتزبة مختلفة

(١) تقاس صلادة المادن على أساس المقياس الذي وضعه أحد الجيولوجيين وهو البات وهو ، ويشتهر باسم مقياس « وهو لدرجة الصلادة » وعلى أساسه وضعت عدة درجات لهذه الصلادة تبدأ بأقها صلادة ورقمها ١ ويعتبرها التالك Talc وتنتهي بأشدما صلادة ورقمها ١٠ ويعتبرها الماس Diamond . أما الدرجات العشر فهي : ١ (التالك) ، ٢ (الجبس) ويمكن لقادر الإنسان أن يحدسها ٣ (الكلييت) ، ٤ (الملووسبار) ، ٥ (الالباتيت) ، ٦ (الالوتوكلاز) ، ويمكن خدش أى منها بنصل السكين ، ٧ (الكوارتز) ، ٨ (التيربال) ، ٩ (السكورندوم) ، ١٠ (الماس) ولا يمكن خدشه .

من تفكك الصخور النارية وتحللها بفعل التجوية وغيرها من العوامل . وإن ضخامة الغطاءات الرملية الصحراوية واتساع انتشارها في العالم لم يوضح دليل على أهمية معدن الكوارتز في تركيب قشرة الأرض ، فهو في الواقع أكثر المادن مساهمة في تركيبها .

والكوارتز فضلا عن ذلك هو أحد التصانيد متعددة ، لبعض أنواعه القيمة تدخل في صناعة هندسات النظارات والأجهزة العلمية وفي صناعة الزجاج والخزف . كما أن الأنواع اللونية منه تستخدم في صناعة بعض أنواع المساج والمفرد وغيرها من الحلى . وليس العقيق Agate والبوشب Jasper إلا حبات من الكوارتز المختلط ببعض الشوائب مثل الطين أو أكاسيد الحديد التي تعطيه ألوانا مختلفة منها الأحمر والأصفر والأخضر . ومعظمها ألوان جميلة تجعلها ملائمة لمصنعة بعض الحلى .

ويصير السوان Flint من الصخور التي تتكون بصفة أساسية من الكوارتز ولكن بعد اختلاطه ببعض المواد الطينية . والمعروف أن هذا الصخر قد لعب دورا أساسيا في الحضارات البشرية القديمة ، حيث أنه كان المادة الأساسية للصناعة الآلات الحجرية قبل أن يعرف الإنسان استخدام المعادن .

٧ - الكالسيت Calcite وهو الجير المعروف . وهو مركب من كربونات الكالسيوم ، ودرجة صلابته دون المتوسط (٣) ، وبقراته من مجموعة المعادن وهو سهل التشقق ويطلب أن يكون شفافا إذا يرقى زجاجي ، ولكن قد يختلط به الشوائب فيتحول إلى اللون الأبيض أو المسال إلى الرمادي ، وهو سريع التأثير بالاحماض ، فإذا أضيفت إليه حمض منها فإنه ينفور ويبلغ منه ثلثي أكسيد الكربون . ويوجد تشابه كبير بينه وبين الكوارتز في المظهر ولكن من الممكن أن يميز عنه بسهولة على أساس قلة صلابته وسهولة تشققه .

وهو يأتي بعد الكوارتز مباشرة من حيث كثرة وجوده في صخور القشرة

الأرضية فهي المادة الرئيسية في تركيب الصخور الجيرية بمختلف أنواعها ، وكثيرا ما توجد منه مروق نقية متقاطعة مع طبقات الصخور الجيرية أو متوازية معها ، وهي ظاهرة موجودة في بعض أجزاء جبل المقطم ، كما تتكون منه الأعمدة الهابطة والأعمدة المساعدة في كهوف المناطق الجيرية (الاستالاكتيت Stalactites والاستالاغيت Stalagmites) .

٣ — أكاسيد الحديد Iron Oxides :

تنتشر هذه الأكاسيد بكثرة في قشرة الأرض سواء بشكل كتل مستقلة أو مختلطة بالصخور والرواسب المختلفة . وتوجد منها عدة أنواع أهمها : الهيماتيت Haematite ، والماجنيتيت Magnetite ، والليمونيت Limonite .

والهيماتيت هو أهم الخامات التي يؤخذ منها الحديد ، وتوقف قيمته على نسبة ما يختلط به من شوائب . وهو يعرف أحيانا باسم « حجر الدم Blood Stone » . لأنه لإن خدش فإن لونه في موضع الخدش يكون أحمرًا تمامًا مثل لون الدم ، أما لونه الخارجي فيكون إما أسودًا أو أحمرًا مائلًا للسود . وقد يوجد متبلورا في بلورات من مجموعة السداسي إلا أنه يوجد في الغالب غير متبلور إما بشكل كتل أو بشكل مسحوق ناعم يختلط بالصخور أو الرمال والتراب فيغطيها لونا أحمرًا أو بلوا ، كما هو الحال في التربة الحمراء التي تنتشر في مناطق واسعة من العالم ، وفي الصخور الرسوبية الحمراء التي تتكون منها بعض الجبال مثل الجبل الأحمر بالقرب من القاهرة .

أما الماجنيتيت ، فهو أكسيد الحديد المغناطيسي ، وأهم صفاته أن له قوة مغناطيسية واضحة ، ولونه المعتاد هو الأسود ، وهو يوجد إما متبلورا أو بشكل حبيبات غير متبلورة .

أما الليمونيت ، فهو أكسيد الحديد الثلاثي ، وترجع أهميته إلى وجود

عنصر التيتانيوم في تركيبه ، وهو عنصر مهم في صناعة مواد الطلاء البيضاء وفي صناعة بعض أنواع الصلب الجيدة ومنها الأنواع التي تدخل في صناعة الطائرات .

٤ - معادن الفلوسبار *Felspar* :

تعتبر هذه المعادن (مع الكوارتز) من أهم مركبات الصخور النارية ، وأساس تركيبها الكيميائي هو سيليكات الألوميلوم عندما تتحد مع واحد أو أكثر من أكاسيد البوتاسيوم والصوديوم والسليسيوم . وهي تتحلل بواسطة مياه الأمطار لتتحول إلى مواد طينية وصلصالية ، ومنها الرواسب الطينية والصلصالية التي تتكون منها معظم دلتاوات الأنهار ووديانها ، مثل نهر النيل الذي يتكون أغلب الطمي الذي يحمل في موسم الفيضان من معادن الفلوسبار التي تتخلف من تحلل الصخور النارية لمغنية الحشة . وتوجد من هذه المعادن أنواع نادرة تصلح لصناعة الألوان الخزفية . ومن أشهرها الصلصال الصيني *China Clay* والكاولين *Kaolinite* اللذان يوجدان في راسب بعض أنهار الصين ووسط أوروبا . وقد اشتهرت الصين منذ القدم بالصناعات الخزفية من هذه الرواسب ، وربما كان هذا هو السبب الذي من أجله اشتهرت هذه الصناعات في معظم بلاد العالم باسم الصناعات الصينية . وتحتوي الرواسب الطينية لنهر النيل في بعض مناطق الوجه القبلي خصوصا في أسوان على نوع من الصلصال الذي يصلح لهذه الصناعة .

ويعتبر الأرتوكلاز *Orthoclase* والبلاجيو كلاز *Plagioclase* من أهم معادن الفلوسبار ، وكلاهما يصلح لصناعة الزجاج والأواني الخزفية .

٥ - الجبسي *Gypsum* :

وهو مركب من كبريتات الكالسيوم والماء ، وقد يوجد مقبورا أو بشكل كتل غير مقبورة ، وهو يوجد في كثير من الصخور الرسوبية خصوصا في

المناطق الساحلية ، ففي مصر توجد كيات منه بالقرب من خليج السويس وخليج العقبة وعلى ساحل البحر الأحمر وفي المناطق الساحلية إلى الغرب من الاسكندرية . والجبس النقي شفاف وذو بريق زجاجي ، ويلتصق تشققا كاملا ، وإذا حرق فإنه يلقح الماء المتحد معه ويخرج من ذلك المصيص المعروف Plaster of Paris . ومنه الجبس الطبي المعروف ، وهذا هو أنقى أنواع الجبس . أما أكثر أنواعه شيوعا في الطبيعة فهي الأنواع الرديئة التي لا تصلح إلا لأغراض البناء .

٦ --- معادن الميكا Mica

وهي من المعادن المهمة التي تدخل في تركيب الصخور النارية ، وهناك كثير من التشابه في التركيب الكيميائي بين هذه المعادن وبين معادن الفلبار ، فأساس التركيب الكيميائي لها جميعاً هو سيليكات الألومنيوم عند اتحادها مع واحد أو أكثر من الأكاسيد . والأكاسيد التي تدخل غالباً في تركيب الميكا هي أكاسيد الحديد والمانسيوم والبوتاسيوم . وتوجد من الميكا عدة أنواع يختلف بعضها من بعض على حسب نوع الأكسيد الذي يدخل في تركيبها ، وهي تلبين غالباً في ألوانها ولكنها تتشابه في صفاتها الرئيسية ، فجميعها ذات بريق زجاجي وسهل تشققها في صفائح رقيقة ولها قدرة كبيرة على تحمل درجات الحرارة العالية ، ولذلك فإنها تستخدم بدلاً من الزجاج في صناعة الأجهزة التي تتعرض للحرارة المرتفعة من الأفران وبعض الأجهزة العلمية ، كما أنها تتميز من الزجاج بأنها أقدر منه على مقاومة الكسر مما يجعلها أصابع منه لصناعة عطاءات الساعات ونوافذ الطائرات وسفائر الدراجات البخارية وبعض نوافذ وستائر السيارات وغيرها .

ومن أشهر أنواعها الميكا البيضاء المعروفة باسم المسكوفيت Muscovite ، وهي مركبة من سيليكات الألومنيوم وأكاسيد البوتاسيوم ، والميكا السوداء

المعروفة باسم البيوتيت Biotite ، وهي مركبة من سيليكات الألومينيوم مع أكسيد الحديد أو المانغنسيوم .

٧ - الهورنبلند Hornblende ، والليفين Olivine : وهما من المعادن التي تدخل في تركيب الصخور النارية ، والأساس في تركيب كل منها هو سيليكات الألومينيوم ، ولكن بينما يتكون الهورنبلند من اختلاط هذا المعدن بالكلسيوم والحديد والألمينيوم فإن الأوليفين يتكون من اختلاطه بالحديد . وهناك تشابه بينهما في بعض الصفات فكلهما يريق زجاجي ولونه أخضر تقريباً إلا أن لون الهورنبلند يتكون غالباً مائلاً إلى السواد ، كما أنه أشد صلابة من الأوليفين ، فصلابته ٧ أما صلابة الهورنبلند فهي ٥-٦ تقريباً .

ويعتبر الأزبستوس Amphibol أو حجر القنيل نوعاً من الهورنبلند ، وهو مركب من ألياف يصلح بعضها لصناعة نسج غير قابل للاحتراق . كما يعتبر الزبرجد Peridot نوعاً من الأوليفين ، وهو يتميز بلونه الأخضر الصافي الذي يجعله صالحاً لصناعة بعض الحلى . وهو موجود بكثرة في جزيرة الزبرجد في البحر الأحمر إلى الجنوب من القصير بمصر .

صخور القشرة الأرضية

تقسم الصخور عمومًا إلى ثلاث مجموعات كبرى هي : الصخور النارية Igneous Rocks ^(١) والصخور الرسوبية Sedimentary Rocks ، والصخور المتحولة Metamorphic Rocks ، والمقصود بالمجموعة الأخيرة هو الصخور التي كانت في الأصل تسمى إلى إحدى المجموعتين الأخريين ثم أعيد تبلورها في ظروف جديدة فتحوّلت إلى صخور مختلفة عن الصخور الأصلية التي تحولت منها .

(١) Igneous مأخوذة من كلمة لاتينية هي Ignis ومعناها نار .

اولا - الصخور النارية

ويصعد بها الصخور التي تكونت من تعليب مواد جوف الارض (الماجما) سواء حدث هذا التعليب فوق سطح الأرض بعد خروج هذه المواد إلى السطح أو حدث بين طبقات القشرة أو تحتها .
وأهم ما يتميز به هذه الصخور هو أنها لا تحتوي على حبيبات ، وأنها لا توجد في طبقات منتظمة . وهي غالبا مكونة من معادن مقبورة . ولذلك فإنها تشتمل كذلك باسم الصخور المتبلورة أو البلورية Crystallized Rocks .
وهي من أشد أنواع الصخور صلابة ، ولذلك فإن لها قدرة كبيرة على مقاومة عوامل التآكل ، ومع ذلك فإن كثيرا منها يسهل تفككه وتعلله بواسطة عوامل التجوية .

وأهم المعادن التي تسام في تركيب هذه الصخر هي : الكوارتز والفلسبار والميكا والموريلند والاوليفين والايوجيت .
وهي تنقسم على أساس نسبة الكوارتز (ثاني أكسيد السيليكون) الذي يدخل في تركيبها إلى عدة أنواع هي :

(١) صخور حامضية Acidic وفيها تزيد نسبة الكوارتز على ٦٠ ٪ ، فإذا زادت هذه النسبة على ٧٠ ٪ فإنها توصف بأنها فوق الحامضية Ultra acidio .
(٢) صخور متوسطة Intermediate وفيها تتراوح النسبة بين ٥٧ ٪ و ٦٠ ٪ .

(٣) صخور قاعدية Basic ، وفيها تنخفض النسبة عن ٥٧ ٪ ، فإذا انخفضت عن ٤٠ ٪ فإنها توصف بأنها فوق القاعدية Ultra basic .
وبالجانب هذا التقسيم الكيميائي فإن هذه الصخور تنقسم على أساس الظروف والأماكن التي تعلبت فيها إلى ثلاثة أنواع هي :

١- صخور طفعية Extrusive ، وهي التي تسمى كذلك بالصخور البركانية Volcanic ، وهي التي تتكون من تصلب الطفوح البركانية (أو اللابا) فوق سطح الأرض ، وهي مستمدة في الاصل من الماجما التي توجد تحت القشرة ، ويعتبر البازلت أكثر الصخور النارية الطفعية انتشارا ، لأنه يتكون كل المنحدرات والجبال البركانية في العالم . وتكون بلورات الصخور الطفعية عموما دقيقة لأن سرعة برودتها وتصلبها على السطح لا تترك وقتا كافيا لنمو البلورات .

٢- صخور متدخلة Intrusive ، وهي التي تتكون من تصلب المواد المنصهرة (الماجما) بين طبقات القشرة أى قبل وصولها إلى السطح ، وتكون بلوراتها عموما أكبر من بلورات الصخور الطفعية ، وهي توجد في تراكيب جيولوجية متباينة من أهمها السدود والفراطح وفيها من الأشكال التي سنذكرها فيما بعد .

٣- صخور الاعماق ، وتعرف كذلك بالصخور البارتونية Plutonic^(١) وهي التي تتكون من تصلب الماجما على أعماق كبيرة تحت السطح . ومن الطبيعي أن تكون بلوراتها أكبر من بلورات النوعين الآخرين لأن تصلبها يحدث ببطء شديد . وأهم التراكيب الجيولوجية التي توجد فيها ، كمنزل الباتوليت التي سنتكلم عليها فيما بعد ، ويعتبر الجرانيت أكثر صخور الاعماق وجودا في قشرة الأرض .

ولا يشترط أن تكون صخور الاعماق أو الصخور المتدخلة موجودة في الوقت الحاضر تحت سطح الأرض لأن الحركات الأرضية وهوامل التعرية

(١) كلمة بلوتوني Plutonic كلمة يونانية قديمة منسوبة إلى بلوتو Pluto وهو إله ما تحت الأرض في الميثولوجيا اليونانية القديمة .

المختلفة قد أدت إلى إظهار الكثير منها فوق السطح ، إلى أن بعضها يرتفع فوق هذا السطح في كثير من المناطق وتتكون منه هضاب وجبال مرتفعة من أمثلتها كثير من هضاب وسط أفريقيا وجبال شبه جزيرة سيناء وجبال البحر الأحمر . وتتميز الصخور النارية التي توجد على سطح الأرض في بعض المناطق بكثرة ما يوجد بها من مفاصل Joints ، وهي عبارة عن شقوق كبيرة تقطع بها أجزاء الكتل الصخرية الكبرى إلى كتل صغيرة متراصة . ولقد نشأ هذه المفاصل في الصخور بسبب البرودة أثناء تكونها أو بسبب عوامل التجوية Weathering وعوامل التعرية (١) . وكثيرا ما تكون هذه المفاصل متقاطعة مع بعضها بحيث تؤدي إلى تقسيم الكتل الصخرية للكبيرة إلى كتل أصغر لها أشكال هندسية واضحة بالنسبة لبعض الصخور (شكل ٣١) .

الاشكال التضاريسية والتراكيب الجيولوجية التي تتكون من الصخور النارية :

أولا - الصخور الطلعية (البركانية) :

تتوزع الاشكال التضاريسية التي تتكون من هذه الصخور على كمية المواد المنصهرة التي تخرج إلى السطح ونوعها وطريقة خروجها ، وأهم هذه الاشكال هي :

١ - الظروف البركانية ، وهي تتكون نتيجة لتراكم اللافا المنصهرة حول فوهات البراكين ، وتتكون هذه الظروف قائمة وجوانبها شديدة الانحدار إذا كانت اللافا حامضية (بها نسبة عالية من ثاني أكسيد السيليكون) لأن درجة انصهارها تكون عالية مما يجعلها تتصلب بسرعة حول فوهة البركان ، أما إذا كانت قاعدية (بازلية) (فقيرة في ثاني أكسيد السيليكون) فان ظروفاتها تكون مقلعة وجوانبها طيئة الانحدار لأن درجة انصهارها تكون

(١) سيمرر الكلام على عوامل التجوية وعوامل التعرية في اصول لاحقة :



شكل (٣١) تقطع الصخور للتارية بواسطة المفاصل
التي تكونت أثناء البرودة فقسمتها إلى أعمدة رأسية

مختلفة مما يجعلها تنساب بعيدا عن فوهة البركان قبل أن تصلب .

٢ - غطاءات اللافا Lava Shards ، وهي عبارة عن هضاب منسقة من
الصخور البركانية . وهي تتكون بسبب خروج اللافا القاعدية من شقوق
في القشرة وانسيابها لمسافات بعيدة . فإذا استمر خروج اللافا لمدة طويلة أو
إذا تكرر خروجها عدة مرات في نفس المنطقة فإنها تؤدي في النهاية إلى تكون

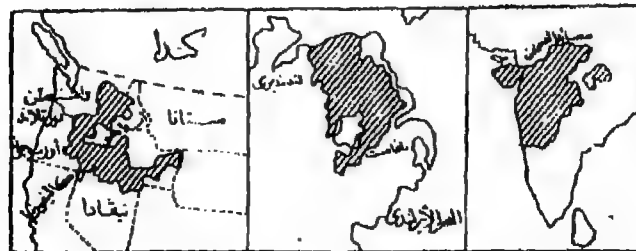
هضاب بارلتية ضخمة مثل الهضبة المعروفة باسم بمبائند الدكن Deccan Traps في شمال غرب هضبة الدكن ، وهي تغطي منطقة مساحتها حوالي نصف مليون كيلو متر مربع ، والهضاب البازلتية الواسعة في ولايات واشنطن وأوريغون وأيداهو في شمال غرب الولايات المتحدة ، ويبلغ متوسط ارتفاعها حوالي ألف متر واتساعها حوالي ٦٠٠ ألف كيلومتر مربع . وكذلك الهضاب التي تشغل منطقة واسعة في شمال شرق أيرلنده . ويمكننا أن نعتبر هضبة الحبشة وهضبة اليمن في مجملتها من نفس النوع ، وذلك بالإضافة إلى الثورانات البركانية العادية التي أدت في نفس الوقت إلى ظهور غزوطات بركانية واضحة في هاتين الهضبتين .

ثانيا - صخور الأعماق والصخور المتخلفة ١

تتكون من هذه الصخور تراكيب جيولوجية معبأنة ، وتتكون كل هذه



شكل (٣٢) غزوطان بركانيان أحدهما من اللابة الحامضية
والثاني من اللابة القاعدية



شكل (٣٣) بعض نشاطات اللابة الكبيرة

التراكيب تحت سطح الأرض إلا أن بعضها يظهر غالباً على السطح بسبب الحركات الأرضية أو بسبب إزالة التعرية لما فوقها من تكتونيات أو بسبب العوامل معاً . وتوقف الأشكال التي تأخذها تراكيب هذه الصخور على عوامل مختلفة من أهمها كمية المواد المنصهرة المندفعة نحو السطح وقوة اندفاعها وامتداد الطبقات الصخرية التي فوقها وقوة مقاومتها ومكان وجود مناطق الضعف فيها مثل الانكسارات والمفاصل وسطوح انفصال الطبقات . فمثل هذه المناطق تعتبر طرقاً سهلة نسبياً يمكن أن تسلكها المواد المنصهرة المتحركة أو المجموع . ومن أم الأشكال التي تأخذها تراكيب هذه الصخور ما يأتي :

١ — الباثوليث Batholith : وهو عبارة عن كتلة ضخمة جداً من صخور الأعماق التي تكثرت على عمق كبير من سطح الأرض نتيجة لاندفاع كميات ضخمة من الماجما إلى أعلى وتصلبها قبل أن تصل إلى السطح ، وقد يصل حجم الباثوليث إلى مئات الآلاف من الكيلومترات المكعبة ، فإذا أدت الحركات الأرضية وعوامل التعرية إلى رفعه وإظهاره فوق السطح فإنه يكون نطاقاً جلياً يتوقف ارتفاعه وامتداده على حجم الباثوليث ، ومن أمثلة النطاقات الجبلية الكبيرة التي تكونت بهذا الشكل الجبال الواقعة على جانبي البحر الأحمر وجبال شبه جزيرة سيناء ، والجبال الساحلية في كولومبيا بشمال غرب أمريكا الجنوبية ، وهي تشغل نطاقاً طوله ١٠٠٠ كيلومتر وعرضه ١٧٠ كيلومتراً .

٢ — اللاكوليث Laccolith : وهو عبارة عن كتلة من الصخور النارية المدخلة التي تتكون غالباً بشكل قبة بين طبقات الفشرة الأرضية ، وهو أصغر حجماً بكثير من الباثوليث كما أنه أقرب منه إلى سطح الأرض ، ولكنه مع ذلك يتكون على عمق كبير نسبياً . وهو يتكون إذا امتزجت الماجما عند اندفاعها إلى أعلى طبقة شديدة المقاومة بحيث لا تستطيع اختراقها ولكنها

تستطيع انبعاثها إلى أعلى فتتجمع الماجما تحت التنيه ثم تصطب بشكل قبة كبيرة ، وإذا ظهر اللاكوليث فوق السطح بسبب الحركات الارضية أو بسبب عوامل التعرية فانه يظهر بشكل قبة من الصخور النارية .

وهناك نوع من اللاكوليث الذي يتميز بأن له عنقا طويلا متعرجا في طبقات الغشيرة ، ويطلق عليه اسم اللاكوليث المتعرج Byamulith أو العنق الجوفى Plutonia Plug .

اللابوليث Lapolith : وهو تركيب يشبه اللاكوليث إلا أن وضعه يكون معكوسا أى أن قته تكون إلى أسفل وقاعدته إلى أعلى ، وهو يكون إذا كانت الطبقة التي تعترض اندفاع الماجما من القوة بحيث لا يستطيع الماجما انبعاثها إلى أعلى ، إنما تستطيع أن تنفذ الطبقة التي تحتمس إلى أسفل . ونتيجة لهذا فان التركيب الناتج يأخذ شكل قمع أو شكل حوض ضخم .

٤ - الانواع (السردود غير المتوائمة) Dykes (١) وهي كتل مسطوية أو سردود من الصخور النارية عمدة بشكل أحده متقاطعة مع طبقات الغشيرة الارضية ، ولكنها لم تكن عند بدء تكونها واصله إلى السطح ، وهي تتكون عندما تجد الماجما شقوقا أو فواصل في طبقات الصخور فتندفع فيها إلى أعلى حيث تملؤها وتصلب فيها ، وهي تقطع الطبقات التي تخترقها في اتجاهات عمودية أو مائلة . وهي تتباين فيما بينها تبايناً كبيراً في الارتفاع والسمك ، فبعضها يصل ارتفاعه إلى أكثر من مائة متر وبعضها الآخر لا يزيد ارتفاعه

(١) يوصف التركيب الجيولوجى للصخور المتدفقة وصخور الاعناق بأنه متوافق Concordant إذا كان هذا التركيب متدا مع امتداد الطبقات التي يتكون بينها ، ويوصف بأنه غير متوافق Discordant إذا كان اتجاها متقاطعا مع هذه الطبقات .

من بضعة أمتار ، كما أن بعضها قد يزيد قطره على بضعة أمتار وبعضها الآخر لا يكاد قطره يتجاوز المتر الواحد . وقد يحدث في بعض المناطق أن توجد مجموعة كبيرة من القواطع المتقاربة ، ويطلق على مثل هذه المجموعة اسم « سرب القواطع Dyke Swarms » . وتدل كثرة القواطع في أى منطقة من المناطق على كثرة الشقوق والفواصل في طبقات القشرة الأرضية . وفي مثل هذه المناطق يكون شق الطرق والقنوات أمرا بالغ الصعوبة إذا كانت القواطع واعدة إلى سطح الأرض أو بالقرب منه .

٥ - العتبات (السدود المتوافقة) Sills : وهي عبارة عن سدود أفقية تمتد بين الطبقات الأفقية ، وتكون عندما تجد الماجما أثناء اندفاعها إلى أعلى مناطق ضيقة بين الطبقات فتندفع فيها مكونة طبقات يختلف سمكها وامتدادها على حسب كمية الماجما المتدفقة واتساع مناطق الضيق ، ويتراوح سمك العتبات التي تتكون بهذا الشكل من بضعة سنتيمترات إلى بضعة أمتار . ويعتبر وجود هذه العتبات علبة في طريق حفر الآبار للوصول إلى طبقات المياه الجوفية أو الطبقات البرولية التي ربما تكون موجودة تحها ، ولكنها إلى جانب ذلك تساعد (بسبب عدم مساميتها) على تكوين طبقات مائية فوقها .

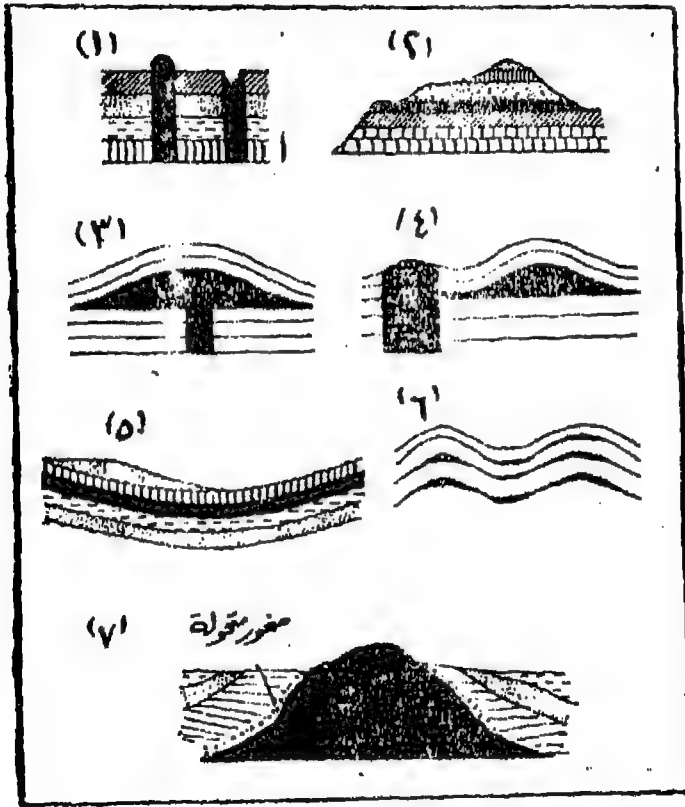
وقد يحدث في بعض المناطق أن تكون الطبقات الصخرية التي تتلصق بالماagma بأنها محدبة الشكل ، وفي مثل هذه المناطق نأخذ العتبات نفس شكل امتداد الطبقات فتظهر بشكل أهله ، ويطلق على مثل هذه السدود اسم الفاكوليت Phacolith أو السدود الحلقية .

أمثلة للصخور النارية للشوورة :

أولا : الصخور الطلعية (البركانية) :

البازلت Basalt : وهو أشهر الصخور الطلعية التي تتكون نتيجة

لتصلب اللافايد لخروجهم من فوهات البراكين أو الشقوق، وهو أوسع الصخور
النارية انتشاراً على سطح الأرض لأنه تتكون كل المنحدرات والجبال البركانية
في العالم . وهو صخر فوق للقاعدى بسبب فقره الحديد في ثنائي أو أكسيد
السيليكون (الكوارتز) . والمعادن الرئيسية التي يتكون منها هي الأوجيت



شكل (٣٤) أم الأشكال التي تظهر بها الصخور النارية

(١) سدود رأسية ، (٢) عتبة (سد أفقي) ، (٣) لاكوليت ، (٤) لاكوليت
مصنق ، وجمائيه لاكوليت عادي (٥) لاكوليت ، (٦) فاكوليت (سدود
هلالية) (٧) (الوليتو كشفت العنبرية (لاجلد الصخور المنحورة الملامسة له) .

والأوليفين والبلاجيو كلاز . وبلورات البازلت صفوة ، وتكثر به النقوب
والفتحات التي تنشأ نتيجة لمخرج الغازات من اللافا أثناء برودتها على السطح ،
واللون الغالب في هذا الصخر هو اللون الرمادي الذي يميل أحيانا إلى
السواد أو الاخضرار . وهو شديد الصلابة ، وكثيرا ما يستفاد به في رصف
الطرق في المناطق ذات التربة الطينية حيث توضع منه طبقة تحت الأسفلت
لتكون بمثابة أساس صلب .

حجر الخفاف : وهو صخر ناري كثير الفراغات ، ويعبر بخفته لدرجة أنه
يطفو فوق الماء ، وهو يتكون نتيجة لتصلب الفقاعات التي تتكون على سطح
اللافا أثناء برودتها وخروج الغازات منها على سطح الأرض . ويكون لون
الخفاف متلا إلى السواد إذا تكون من اللافا البازلتية (القاعدة) وما تلا إلى
البياض أو الأحمر إذا تكون من اللافا الحمضية .

ثانيا - صخور الأعماق والصخور المتبخلة :

الجرانيت *Granite* : وهو صخر جولي حمض حيث يتميز الكوارتز من
أهم مكوناته ، كما يتميز الفلسبار كذلك من مكوناته الرئيسية ، ويضاف
إليها واحد أو أكثر من معادن الميكا والموريلاند والارثوكلاز . وتوجد
من الجرانيت عدة أنواع يختلف بعضها عن بعض على حسب اللون وحجم
البلورات ، ويتوقف لون الصخر عادة على لون الفلسبار الذي يدخل في
تركيبه ، فإذا كان ورديا فإن لون الصخر يكون ما تلا إلى الاحمرار ، أما
إذا كان لونه أبيض وكان لون الميكا أسودا فإن لون الصخر يكون رماديا .
أما على أساس حجم البلورات فإن الجرانيت ينقسم إلى نوعين أحدهما دقيق
الحبيبات *Fine grained* والثاني خشن *Course grained* .

والجرانيت عديد الصلابة جدا ويتميز بمقدرته على مقاومة عوامل التعرية ، ولذلك فانه من اصحاب الصخور لبناء السدود على الأنهار ولصناعة القنايل ، وقد كانت الزراعة يستخدمونه فعلا في حمل التمايل والمسلات . ومع ذلك فانه يتأثر بالهجومية ، سواء في ذلك الهجومية الآلية أو الهجومية الكيميائية . وإن الهجومية هي التي تؤدي بمرور الزمن إلى نفثت الصخر فتتفصل عنه في هذه الحالة المعادن المكونة له . وتعتبر الرمال الصخرية في مختلف جهات العالم أكثر المواد الناتجة من تهوية الجرانيت انتشارا على سطح الأرض ، وهي عبارة عن حبات كوارتزية ، بيضاء الاحجام . وتعتبر المواد الطينية والصلصالية كذلك من أهم المواد التي تنتج عن تهوية هذا الصخر ، وهي تلعب عادة من تحال معادن الفلسبار التي تعتبر من أهم مركباته .

وتوجد في مختلف جهات العالم نطاقات كبيرة من المرتفعات التي تتكون من الصخور الجرانيتية وأغلبها كانت في الاصل تكوينات جوفية من نوع الباثوليت أو الاكروكيت ثم أدت حركات القشرة الأرضية وعوامل التعرية إلى ظهورها على السطح ، ومن أمثلتها في إفريقيا معظم هضاب وسط القارة وجنوبها ومنحدرات البحر الأحمر وشبه جزيرة سيناء .

الفلسيت Felsite . وهو غالبا صخر متدخل ، وتتكون منه كثير من القواطع Dykes والعتبات Sills ، وهو يشبه الجرانيت في تركيبه ، ولكن بلوراته دقيقة جدا حتى أنها لا ترى غالبا إلا بالمرور ، وذلك بسبب التصلب السريع للمواد المنصهرة التي تكون منها عند اندفاعها خلال الصخور الأخرى ، حيث أنها تندفع بشكل أعمدة طويلة قليلة السمك ، كما يحدث عند تكون القواطع ، أو بشكل طبقات رقيقة كما يحدث عند تكون العتبات .

ثانيا - الصخور الرسوبية

Sedimentary Rocks

صلااتها العامة

تغطي هذه الصخور حوالى ٧٥٪ من المساحة الكلية للهايش، ولكن مع ذلك لا تمثل إلا ٥٪ فقط من حجم القشرة الأرضية، بينما يكون العكس بالنسبة للصخور النارية والمتحولة التي لا تظهر على السطح إلا في حوالى ٢٥٪ فقط من مساحة اليابس بينما تمثل ٩٥٪ من تركيب القشرة. وتوجد هذه الصخور عادة في طبقات متتابعة ولذلك فإنها تسمى كذلك بالصخور الطبقة Stratified Rocks ويكون تتابعها عادة متفقا مع ترتيب الصخور التي تكونت أثناءها بحيث يكون القديم منها تحت الأحدث منه، ومع ذلك فقد أدت الحركات الأرضية وعوامل التعرية إلى اختلال هذا التتابع في كثير من المناطق.

وتتميز الصخور الرسوبية بكثرة ما بها من حفريات Fossils، وهي البقايا والآثار الحيوانية والنباتية التي توجد في طبقاتها. وتعتبر هذه الحفريات من أهم وسائل دراسة هذه الصخور، لأنها تبين بوضوح عمر الطبقات الصخرية ونوع الظروف المناخية والنباتية والحيوانية التي كانت سائدة خلال العصر الذي تكونت فيه وطبيعة المناطق التي أرسبت فيها من حيث كونها مناطق بحرية أو بحيرية أو وديان نهريّة أو مناطق صحراوية أو جبلية. ولهذا السبب فإن دراسة تتابع الطبقات وترتيبها الزمني وما بها من حفريات تعتبر في الوقت الحاضر علما مهما من علوم الجيولوجيا، وهو علم دراسة الطبقات Stratigraphy.

التراكيب الجيولوجية للصخور الرسوبية :

توجد الصخور الرسوبية في تراكيب Structures كثيرة ومتنوعة، من بعض هذه التراكيب تكون الطبقات محافظة على تتابعها الزمني بل وعلى امتدادها الأفقي نتيجة لعدم تعرضها للحركات الأرضية العنيفة، بينما يكون ترتيبها في بعضها الآخر مختلا إما نتيجة لحركات عنيفة أدت إلى زحف بعض الطبقات

القديمة فوق طبقات أحدث منها أو يذيب إزالة بعض الطبقات بفعل عوامل التعرية . وعلى هذا الأساس تقسم تراكيب هذه الصخور إلى قسمين هما : تراكيب متوافقة Conformable ، وتراكيب غير متوافقة Unconformable ، والمعبرد بالتراكيب المتوافقة هو التركيب الذى تكون فيه الطبقات متتابعة من أسفل إلى أعلى على حسب ترتيبها الزمني دون أن تختفى من بينها طبقات أى عصر من العصور ، أما التركيب غير المتوافقة فهو التركيب الذى لا تكون طبقاته متتابعة بنفس ترتيبها الزمني ، أو الذى تختفى فيه طبقات عصر واحد أو أكثر . وأهم الظروف التى تؤدي إلى ذلك هى أن يتوقف الإرساب فى المنطقة بعض الوقت بينما تعمل عوامل التعرية على إزالة الطبقات العليا التى تمثل عصرأ من العصور أو أكثر ، ثم يعود الإرساب من جديد فيؤدي إلى تراكم طبقات جديدة فوق السطح الذى نحتته عوامل التعرية والذي يطلق عليه فى هذه الحالة اسم سطح عدم التوافق Unconformity Surface (أنظر شكل ٣٥) .

ميل الطبقات Dip of Strata : المقصود بميل الطبقات هو امتدادها فى المستوى غير الأفقى ، فعلى الرغم من أن الطبقات تظل فى كثير من التراكيب محتفظه بانجماها الأفقى حتى بعد تعرضها لبعض الحركات الأرضية مثل الحركات الرأسية ، فإن هذه الحركات تؤدي فى أغلب الحالات إلى تغيير هذا الاتجاه بحيث تصبح معظم الطبقات مائلة على المستوى الأفقى . وتباين درجات الميل من موضع إلى آخر على حسب نوع الحركات الأرضية ودرجة تأثر الطبقات الصخرية بها ، ونحسب درجة ميل أى طبقة بقدر الزاوية التى تصنعها هذه الطبقة مع المستوى الأفقى ، وهذه هى التى تعرف باسم «زاوية الميل Angle of Dip» . وهى تقاس بواسطة جهاز خاص هو جهاز قياس الميل ، أو الكلينومتر Clinometer . ويجب ألا نخلط بين ميل الطبقات وانحدار سطح الأرض Slope ، فكثيرا ما تكون الطبقات أفقية فى مناطق سطوحها شديد الانحدار ،



سطح عدم التوافق

شكل (٣٥) مراحل حدوث عدم التوافق في الطبقات الرسوبية

أو تكون مائلة في مناطق سطحها أفقي . ويطلق تعبير « منحرب الطبقة » *Strike of Stratum* على الخط الأفقي المتعامد على اتجاه ميل هذه الطبقة ، وإن كان جزءاً أو جانب من هذه الطبقة ظاهراً على السطح فيطلق عليه تعبير « مكشف الطبقة » *Outcrop of St.* ويتوقف اتساع مكاشف الطبقات على العلاقة بين اتجاه ميلها واتجاه انحدار سطح الأرض ، فإذا كانت الطبقات مائلة في نفس اتجاه انحدار السطح فإن مكاشفها تكون متسعة أما إذا كانت مائلة في الاتجاه العاكس لاتجاه الانحدار فإن مكاشفها تكون ضيقة ، ولخصوصاً إذا كانت متعامدة على السطح المتحدر (أنظر شكل ٣٧) .

الاسطح الطبقة Bedding Planes : ويقصد بها الأسطح التي تنقسم عندها الطبقات المتجاورة . ويكون السطح الطبقي واضحا إذا كانت الطبقات المتجاورة من مختلفين في التركيب اختلافا واضحا، كأن تكون إحداها مكونة من حجر رملي والثانية من حجر جيري أو طيني . ومن الواضح أن الأسطح الطبقة تمثل سطوحاً قديمة لقيعان بحار أو بحيرات أو أرضاً يابسة قبل أن تغطى بالرواسب التي كونت الطبقات التي فوقها .

الطبقة الكاذبة False Bedding . ويقصد بها انقسام الطبقة الواحدة بواسطة أسطح مستعرضة بحيث تبدو وكأنها مكونة من طبقات متتالية ، ويحدث ذلك على الشواطئ بسبب المد والجزر أو بسبب التيارات البحرية أو بسبب تغير قوتها . ولذلك فقد يطلق على هذه الظاهرة كذلك اسم طبقة التيار Current Bedding ، ومن الممكن أن تحدث الطبقة الكاذبة كذلك بسبب تغير اتجاه الرياح وقوتها ، (انظر شكل ٢٨) .

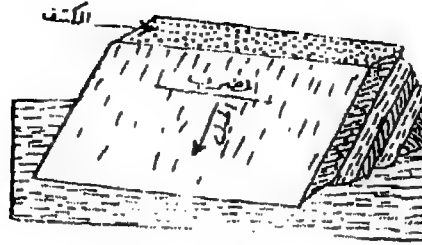
أنواع الرواسب Types of Sediments or Deposits :

من الواضح أن تنوع الصخور الرسوبية يعوق قبل كل شيء على تنوع الرواسب التي كونها . وتتنوع الرواسب فيما بينها نتيجة لعوامل كثيرة من أهمها الطرق التي نشأت بها هذه الرواسب والعوامل التي تدخلت في عمليات الترسيب والظروف التي تمت فيها هذه العمليات .

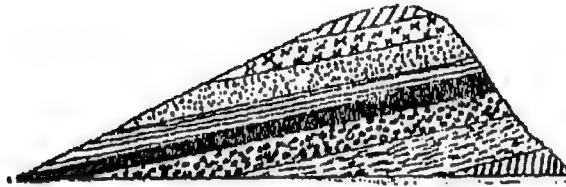
فعلى أساس الطرق التي نشأت بها فإن هذه الرواسب تقسم عموماً إلى ثلاثة أنواع هي :

١ - الرواسب التي نشأت بطريقة كيميائية مثل الأملاح التي ترسب من المحاليل المختلفة مثل ملح الطعام والجبن والنفطون .

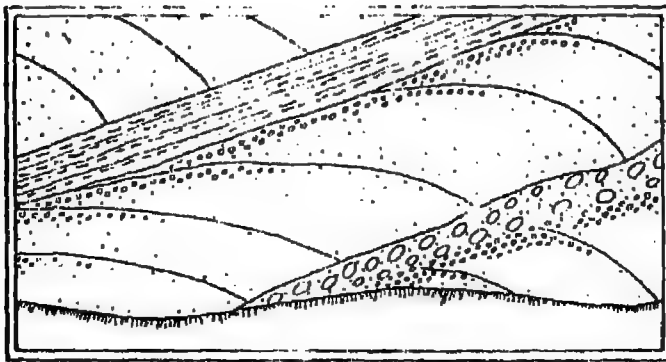
٢ - الرواسب التي نشأت بطريقة عضوية ، وتشمل كل الرواسب التي نشأت من أصل نباتي أو حيواني في البر أو في البحر ، حتى ولو كانت قد



شكل (٣١) ميل الطبقات



شكل (٢٧) العلاقة بين انحدار سطح الأرض وميل الطبقات واتساع مكاشفها



شكل (٣٨) طباقية كاذبة

فقدت في الوقت الحاضر كل صلة لها بالكائنات الحية ونحوها إلى مواد صخرية مثل معظم الصخور الجيرية والفتح الجيري .

٣ — الرواسب التي نشأت بطريقة آلية ، وتشمل الرواسب التي نشأت نتيجة لعمليات التجوية الآلية وما يتبع عنها من تشكيل للصخور وتفتتها . أما على أساس الموامل والظروف التي تدخلت في عمليات الترسيب فإن الرواسب تنقسم إلى مجموعتين كبيرتين هما :

(١) رواسب بحرية . (٢) رواسب قارية .

أولاً — الرواسب البحرية Marine Deposits :

وهي تشمل جميع الرواسب التي تراكمت في قاع البحار والمحيطات ، وهي تختلف فيما بينها تبعاً لعوامل متعددة أهمها : عمق المياه ، ودرجة ملوحتها ، ونوع المواد التي تصل إليها من اليابس المحيط بها ، وحركات المد والجزر والأمواج والتيارات البحرية ، والحياة الحيوانية والنباتية التي تعيش فيها ، ويمكن تقسيمها عموماً إلى ثلاثة أنواع هي :

١ - الرواسب الشاطئية Coastal deposits ، وهي غالباً رواسب خشنة تتكون من الرمال والحصى وربما بعض الأحجار المصقولة والمائلة للاستدارة كما هي الحال أمام كثير من السواحل الصخرية . وقد كانت حركات المياه هي السبب في صقلها واستدارتها . ويتناقص حجم الرواسب الشاطئية كلما توغلنا في البحر بعيداً عن الشاطئ . وتتميز هذه الرواسب عموماً بكثرة ما يختلط بها من بقايا نباتية وحيوانية ، وبأنها لا توجد في طبقات ظاهرة ، وإنما توجد مختلطة بعضها ببعض . ويتمصر وجودها عموماً على الرق القاري ، وتكاد تختفي في الأعماق التي تزيد عن ٢٠٠ متر .

٢ - رواسب البحار العميقة ، وهي تتدرج من الرواسب الشاطئية . وتوجد

في الاعماق التي تزيد على ٢٠٠ متر، وتتكون في مجملها من مواد ناعمة تزداد في دقة حبيباتها كلما ابتعدنا عن الساحل، ومصدرها الرئيسي هو الرواسب المدفونة التي تحملها الأنهار والرياح من الياس، والتي تظل بسبب دقتها عالقة بالمياه لمسافات كبيرة داخل البحر ثم تنسحب نحو القاع ببطء شديد وتختلط بها بعض المواد العضوية ولكنها أقل منها في الرواسب الشاطئية، كما أنها تنناقص كلما زاد العمق وزاد البعد عن الشاطئ.

وتعتبر الاعماق السحيقة من المحيطات، وهي الاعماق التي تزيد على ثلاثة آلاف متر وجود رواسب مجهرية من نوع خاص يطلق عليها اسم الأوزو Ooze. وهي مكونة في مجملها من خلايا حيوانية مجهرية وبهايا كائنات حية دقيقة مضافا إليها بقايا الحيوانات التي تميش منذ الطح وتنسحب بهاها نحو القاع بعد موتها.

١- الرواسب القارية Continental Deposits :

وهي تشمل جميع الرواسب التي تراكمت على سطح القارات بما في ذلك الرواسب التي تراكمت في قاع البحيرات أو في مجاري الأنهار، وهي تنقسم على أساس العوامل التي تدخلت في ترسيبها إلى أربعة أنواع هي :

١- رواسب هوائية Eolian deposits : وهي الرواسب التي تحملها الرياح وتلقى بها عندما تبدأ سرعتها، وهي تتكون في مجملها من أتربة ورمال تختلف أحجامها على حسب قوة الرياح. ومن أمثلتها الرمال التي تتكون منها المكتبات الرملية والأتربة التي تتكون منها بعض أنواع التربة مثل تربة اللويس Loess. وكلما صغرت أحجام حبات هذه الرواسب استطاعت الرياح أن تحملها إلى مسافات أبعد. فالمعروف مثلا أن تربة اللويس التي توجد في شمال الصين قد تكونت من الأتربة التي نقلها الرياح من شرق أوروبا وغرب آسيا.

رواسب فيضية Alluvial deposits وتشمل الرواسب التي تحملها

وترسبها المياه الجارية ، وتوقف أحجامها على سرعة المياه ، فهي تتراوح بين الحبيبات العاصالية الدقيقة التي يمكن أن تظل عالقة بالمياه البطيئة أو الراكدة والاحجار الكبيرة التي يمكن أن تدفعها السيول الجارفة على منحدرات الجبال إلى السهول المجاورة . ومن أهم ما تتميز به الرواسب الفيضية أنها ترسب دائما بترتيب معين بحيث ترسب المواد الثقيلة أولا ثم ترسب فوقها المواد الاخف منها بالتوالي ، كما أنها ترسب بنفس الترتيب على طول مجرى النهر أو السيل حيث تقلص أحجامها بالتدرج كلما تناقصت سرعة جريان الماء .

٣ - رواسب بحيرية Lacustrine deposits : وهي تشمل رواسب

البحيرات المالحة ورواسب البحيرات العذبة ، وتتكون الأولى في جملتها من الاملاح التي ترسب نتيجة لتبخر المياه ، أما الثانية فتتكون عادة من مواد طينية وصامالية ناعمة تشبه رواسب الأنهار البطيئة جدا .

٤ - رواسب جليدية Glacial deposits : وتشمل جميع الرواسب التي

يحملها الجليد عند زحفه على سطح الأرض ثم يرسبها عندما يأخذ في الانصهار ، وأشهر أنواعها هي الركامات الجليدية Moraines . وأهم ما يميزها أنها لا توجد بالترتيب واضح بل تختلط فيها الرواسب الناعمة بالرواسب الخشنة وقطع الاحجار أو الكتل الصخرية . ويميز الجليد عن غيره من عوامل نقل الرواسب مثل الرياح والمياه الجارية بأنه يستطيع أن ينقل كتلا صخرية كبيرة إلى مسافات بعيدة جدا . ومثال ذلك الكتل الصخرية الضخمة التي يطلق عليها اسم Erratics (أو الصخور الشاردة) وهي كتل صخرية ضخمة نقلها الجليد مسافات بعيدة والتي بها في مناطق ذات تركيب صخري مختلف بحيث تبدو هذه الكتل غريبة لوقه ، ومن أمثلة هذه الرواسب كذلك الرواسب المعروفة باسم الصلصال الجلاميدي Boulder Clay ، وهو عبارة عن كتل مكونة

من طحين صخري Rock Flower يشبه الصلصال في دقة حبيباته وتخلط به كثير من الاحجار ، وينشأ هذا الدقيق نتيجة لاحتماك الجليد بالصخور التي يزحف فوقها أو بجوارها أثناء انحداره على جوانب الجبال .

تماسك الرواسب وتكون الصخور :

تظل المواد الرسوبية عموماً مفككة بعد ترسيبها إلا إذا طرأ عليها ما يؤدي إلى تماسكها ، وعندئذ يتكون منها الصخور التي تلبأين فيها بينها على حسب نوع الرواسب والطريقة التي تماسكت بها ، ويحدث هذا التماسك بطريقة أو أكثر من الطرق الآتية :

١ - ترسيب مواد لاصقة بين حبات المواد الرسوبية ، والمقصود بالمواد اللاصقة هو المواد الدقيقة التي يمكن أن تملأ الفراغات التي بين حبات الرواسب فتؤدي إلى تماسكها . والمواد التي تصالح لهذا الغرض كثيرة ومتنوعة ومن أمثلتها الجير والطين والصلصال وأكاسيد بعض المعادن مثل أكاسيد الحديد وغيرها . ويعتبر ترسيب مثل هذه المواد ضرورياً جداً لتماسك الرواسب الخشنة مثل الرمل والحصى . ويتوقف كثير من صفات الصخر على نوع المواد التي تؤدي إلى تماسك حباته ، فالرمال التي تماسك حباتها بواسطة الجير يتكون منها ما يعرف بالحجر الرمل الجيري ، أما التي تماسك حباتها بواسطة أكاسيد الحديد فيتكون منها ما يعرف بالحجر الرمل الحديدي ، والاول منها أقل صلابة من الثاني .

٢ - وقوعها تحت الضغط بسبب تراكم بعضها فوق بعض أو تراكم رواسب أخرى فوقها ، ولكن هذا العامل لا يكفي وحده لتماسك الرواسب الخشنة ، بينما يكفي لتماسك الرواسب الدقيقة مثل الرواسب الطينية والصلصالية .

٣ - جفافها وخروج المياه من بين حباتها بسبب التبخر أو نتيجة

للصخر ، كما يحدث للرواسب الطينية والصناعية ، لأن تجفيف مثل هذه المواد يمكن للتمسك بعضها ببعض وتحويلها إلى أحجار طينية ، ولكنها تكون عادة قليلة الصلابة .

أمثلة للأنواع الرئيسية من الصخور الرسوبية :

تنقسم هذه الصخور إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي : الصخور الجيرية ، والصخور الرملية والصخور الطينية . وقد يحدث أحياناً أن يكون الصخر مكوناً من خليط من مواد متباينة بحيث يصعب ضمه إلى أى مجموعة من هذه المجموعات ، ومثل هذا الصخر يوضع ضمن مجموعة خاصة تعرف باسم «المجتمعات الصخرية Conglomerates» ، وفيها يختلط الطين بالرمل والصخر وغيرها .

أولاً - الصخور الجيرية (Calcareous Rocks or Limestones) :

تعتبر هذه الصخور من أهم المكونات الصخرية لقشرة الأرض ، وتوجد منها نطاقات عظيمة السمك والامتداد في كل القارات ، وقد يصل سمكها في بعض المناطق إلى خمسة كيلومترات ، ويمكن للدلالة على ذلك أنها هي التي تتكون منها معظم سلاسل الجبال الانثنائية القديمة والحديثة في العالم ، كما أنها توجد في نطاقات أخرى عظيمة الامتداد على سواحل كل البحار والمحيطات الحالية وفي المناطق التي كانت نشطتها بحار قديمة .

وتتميز هذه الصخور عمومًا بأنها تذوب في الأحماض ، ولهذا فإنها تذوب ولو ببطء شديد ، في مياه الأمطار التي تحمل عند سقوطها بعض ثاني أكسيد الكربون من الجو ، ولذلك فإن كثيراً من مناطقها تشتهر بكثرة كهوفها وأنهارها السفلية وغير ذلك من المظاهر التي يطلق عليها عمومًا بتعبير «المظاهر الكارستية Carlsie Features» (نسبة إلى منطقة من هذا النوع هي منطقة

كأرست في جبال الألب الدينارية في غرب يوجوسلافيا) وقد أصبحت للصخور الجيرية لهذا السبب من أعظم خزانات المياه الجوفية في بعض البلاد .
وترجع الصخور الجيرية في جملتها إلى أصل عضوي ، فقد تكون معظمها نتيجة لتراكم اللواقع وعظام الحيوانات البحرية المختلفة بكميات كبيرة في قيعان البحار خلال العصور الجيولوجية المختلفة . فمن المعروف أن معظام الحيوانات البحرية لها قدرة كبيرة على استخلاص الجير من ماء البحر لاستخدامه في بناء عظامها أو محاراتها . وإليه جانب ذلك فقد نشأت بعض الصخور الجيرية بطريقة كيميائية نتيجة لترسيب الجير من الماء الذي يكون حاملا لبعض منه إلا أن الصخور التي تتكون بهذه الطريقة لا توجد إلا في أماكن محدودة جدا ، وهي تتميز عن الصخور الجيرية العادية بأنها تكون في أغلب الأحيان متبلورة . ومن أشهر أنواعها أعمدة الاستلاكتيت Stalactites والاستلاجيت Stalagmites ^(١) ، التي توجد في كهوف مناطق الصخور الجيرية . وتكوينات الترافرتين Travertine الجيرية التي ترسب حول فوهات بعض العيون التي يكون بعض الجير مذاها في مياهها .

والصخور الجيرية في جملتها يمتد اللون إلا إذا اختلطت بمواد أخرى ملونة مثل الطين أو أكاسيد الحديد . وهي تتباين فيما بينها تباينا كبيرا في درجة الصلابة ، فمنها ما هو شديد الصلابة مثل الدولوميت ومنها ما هو هش جدا مثل العلياشير . وفيها إلى وصف مختصر لبعض الصخور الجيرية المشهورة .

(١) أعمدة الاستلاكتيت هي الأعمدة التي تنمو من أعلى الكهف وأعمدة الاستلاجيت هي التي ترتفع فوق فناء إلى أعلى . وكلاهما يكون نتيجة لتكرار ترسيب الجير في المواضع التي تميل نيل المياه التي محملة إلى التجفيف فيها .



شكل (٣٩) الأعمدة المظلمة (استلا كيت) والأعمدة الصاعدة (استلاجيت) في أحد كهوف مناطق المعخور الجيرية .

الطباشير Chalk : وهو حجر ناصع البياض قابل الصلابة ، وتوجد منه طبقات عظيمة السمك والامتداد في جهات مختلفة من العالم ، ويرجع تكوينه عموما إلى العصر الكريتاسي (الطباشيري) . وهو مكون من هياكل مجهرية لكائنات بحرية خاصة كانت عظيمة الانتشار في البحار الدافئة خلال العصر الكريتاسي ، وتعرف باسم فوراميفيرا Foraminifera . وليس

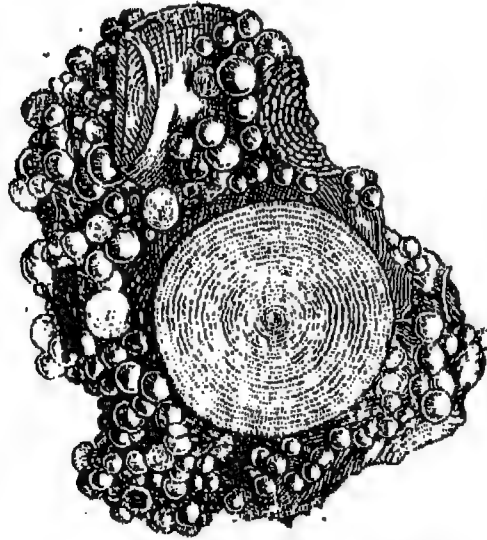
الطباشير الذي يستخدم في الكتابة إلا نوما من أنواع الأحجار الطباشيرية (أنظر شكل ٣٤) .

الحجر الجيري النوميلى *Nummulite limestone* ، وهو أشد صلابة من الطباشير ، وأهم مميزاته أنه مكون من محارات مستديرة متماسكة تشبه في مظهرها قطع القود المعدنية . وقد تكونت أغلب طبقاته خلال عصر الأيوسين الذي يشتهر لهذا السبب باسم عصر النوميلىث . وهو يظهر في بعض الأماكن على منحدرات جبال المقطم وفي الحضاب المطلة على وادي النيل ابتداءً من جنوب القاهرة حتى مدينة قننا (أنظر شكل ٣٥) .

الحجر الجيري الأوليقي (أو العيب) *Oolitic limestone* ، وهو نفس الحجر الذي يطلق عليه أحيانا اسم الحجر الجيري البطاريخي ، لأنه يتكون من حبات من الرمال الجيرية المستديرة التي تشبه بيض الأسماك ، وتكون كل حبة من هذه الحبات من نواة دقيقة جدا من الرمل أو فتات القواقع ، وتحيط بها طبقات رقيقة جدا من الحجر ، الذي يترسب فوقها على دفعات نتيجة لتكرار تبللها بالماء الحمل بالحجر ثم تبخر هذا الماء ، وهذه الحبات هي التي تتكون منها الرمال البحرية الجيرية ، وهي رمال خشنة مختلفة عن الرمال الصحراوية الكوارتزية . وتعمل الرياح في كثير من المناطق على توزيع هذه الرمال أو تجميعها في سلاسل من الكثبان التي تمتد على طول بعض الشواطئ . وقد تماسك رمال هذه الكثبان بمرور الزمن نتيجة لترسيب الجير بين حباتها فتتحول بالعدريج إلى الحجر الجيري الأوليقي . وهو يتميز بمقدرته الكبيرة على تخزين المياه ، ولذلك فإنه يعتبر مصدرا مهما للمياه الجوفية في المناطق الساحلية . فعلى طول الساحل الشمالي لصحراء مصر الغربية وشمال ليبيا مثلا يعتمد الأهالي اعتمادا أساسيا في حياتهم على المياه الخزونة في طبقات هذا الحجر . وتكون هذه المياه غالبا قريبة من السطح . ويمكن الوصول إليها بحفر آبار تتراوح أعماقها بين مترين وأربعة أمتار .



شكل (٤٠) أنواع للفورامينايرا التي يتكون منها الحجر الطباشيري
كما تبدو تحت المجهر



شكل (٤١) حجر جيري نوميوليك

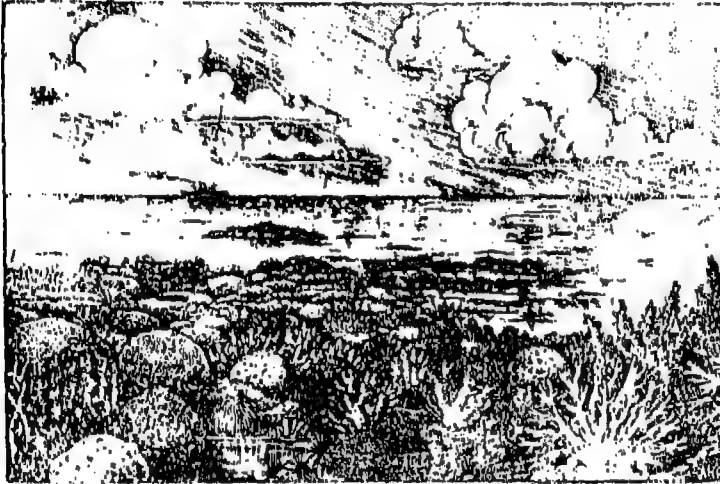
الدولوميت Dolomite : وهو صخر جيري مكون من اختلاط الجير (كربونات الكالسيوم) بكربونات المغنسيوم بنسب متعادلة تقريبا . وهو يتكون غالبا في مناطق البحيرات والمستنقعات التي تحتوي مياهها على كربونات المغنسيوم . إذ أن هذه المياه تؤثر على الصخور الجيرية المجاورة لها فتعمل كربونات المغنسيوم محل قسم من كربونات الكالسيوم .

الصخور المرجانية : وهي صخور جيرية صلبة تتكون في بعض البحار المدارية الضحلة بواسطة حيوان المرجان Coral . وهي في جملتها عبارة عن المساكن التي يقيمها هذا الحيوان لنفسه من الجير الذي يستخلصه من ماء البحيرة وهي توجد مادة متجمعة في مستعمرات كبيرة تزيد أحجامها بالتدريج ببناء مساكن جديدة وبتراكم هياكل الحيوانات المرجانية التي تموت فيها أو حولها . وهذه المستعمرات هي التي تشتهر باسم « الشعاب المرجانية Coral Reefs » .

ويشترط لحياة المرجان عدة شروط أهمها : أن تكون المياه ضحلة بحيث لا يزيد عمقها عن ٥٠ مترا ، وأن تكون دائمة بحيث لا تقل درجة حرارتها عن ٢٠° مئوية ، وألا تصل إليها من اليابسة مياه عذبة مختلطة بالرواسب الطينية . ويعتبر البحر الأحمر من أحسن الأمثلة لهذا النوع من البحار . ولذلك فإن سواحله تكتنفها كثير من الشعاب المرجانية ، وهي من الأخطار التي تتعرض لها الملاحة أمام هذه السواحل . ومع ذلك فإن أكثر نطاق من الشعاب المرجانية في العالم هو النطاق الذي يمتد لمسافة ١٥٠٠ كيلو متر في غرب المحيط الهادي في اتجاه شمال جنوبي تقريبا بالقرب من السواحل الشمالية الشرقية لآستراليا . وهذا النطاق هو الذي يشتهر باسم « الحاجز المرجاني العظيم Great Barrier Reef » ويبلغ عرضه في المتوسط حوالي ١٨ كيلومترا .

وقد تكونت في بعض المواضع الضحلة في المحيطين الهادي والهندي

سلاسل من الجزر المرجانية التي تكوّن من الشعاب التي بناها المرجان على حافات بعض الجبال التي توجد فوق قاع المحيط والتي تقرب قممها من سطح الماء ، بحيث تتكوّن فوقها مناطق بحرية ضحلة . وتتكوّن من هذه الشعاب حلقات من الجزر التي تتوزع على الأطراف الخارجية لهذه القمم . ويطلق على كل حلقة من هذه الحلقات اسم « الأتول Atoll » ، أي الجزر الحلقية ، وهي تحصر بداخلها مناطق بحرية ضحلة .



شكل (٤٢) أحد الشعاب المرجانية في البحر الأحمر

ثانيا - الصخور الرملية Sandstones :

لا تقل هذه الصخور أهمية في تركيب القشرة الأرضية عن الصخور الجيرية ولكنها تختلف عنها في نوع الرواسب التي كونتها ، فبينما تتكوّن الصخور الجيرية عموما من رواسب بحرية فإن الصخور الرملية تتكوّن من رمال قارية كوارتزية مختلفة من نبتت الصخور النارية بفعل التعوية ، ومع ذلك فإن تكون الحجر الرملي يلزم له دائما ترسب مادة لاصقة بين حبات الرمل ،



شكل (٤٣) تكوين الجور المرجانية على أطراف قمة جبلية غاطسة



شكل (٤٤) جزر مرجانية حلقية (أنول)

مثل كربونات الكلسيوم (الجير) أو أكسيد الحديد أو السيليكا، ويستمد الحجر كثيرا من صفاته من هذه المادة، ولذلك فقد تكونت منه أنواع متباينة مثل الحجر الرملى الجبرى Calcareous Sandstone الذى تماسكت رماله بواسطة الجير، والجير الرملى الحديدى Ferruginous S. الذى تماسكت رماله بواسطة أكسيد الحديد، والحجر الرملى السيليكى Siliceous S. الذى تماسكت رماله بواسطة السيليكا. وأقل هذه الأنواع صلابة هو الحجر الرملى الجبرى، أما أشدها صلابة فهو الحجر الرملى الحديدى الذى يأخذ مادة لون

أو أكسيد الحديد الأحمر ، ويعتبر منه في مصر الجبل الأحمر ، وهو جبل صغير موجود إلى الشرق من القاهرة . ونظرا لشدة صلاحية هذا الحجر فقد يطلق عليه أحيانا اسم « حجر الخرسان » ، وهو يستخدم بكثرة في رصف الطرق وفي صناعة أحجار الطواحين .

من أهم مميزات الصخور الرملية عموما أنها كبيرة المسام ، ولذلك فإنها هي أكثر أنواع الصخور نفاذية للماء (Permeability) وأقدرها على تخزين كميات كبيرة منه . والواقع أن أعظم خزانات المياه الجوفية في العالم توجد في طبقات هذه الصخور . ومع ذلك فإن هذه الصخور تتباين فيما بينها تباينا كبيرا من حيث قدرتها على نفاذية المياه وتجميعها . وتترقب هذه القدرة بصفة خاصة على حجم الحبات الرملية من ناحية وعلى وجود طبقة صماء تمنع لمنع تسرب مياهها إلى أسفل من ناحية أخرى . وكلما كانت الحبات الرملية كبيرة كان الصخر أكثر نفاذية . وتنقسم الرمال عادة على أساس حجم حباتها إلى ثلاث درجات هي :

- ١ - الرمال الناعمة Fine ويتراوح قطر حباتها بين ٠.٠٥ و ٠.١٠ ملليمتر .
 - ٢ - الرمال المتوسطة Medium ويتراوح قطر حباتها بين ٠.١ و ٠.٢٥ ملليمتر .
 - ٣ - الرمال الخشنة Course ويتراوح قطر حباتها بين ٠.٢٥ و ٠.٣٥ ملليمتر .
- ومعنى ذلك أن قطر حبات الرمل عموما يتراوح بين ٠.٠٥ و ٠.٢٥ ملليمتر فإذا ما قل قطر الحبات عن ٠.٠٥ من الملليمتر فإن الرواسب تعتبر من الرواسب الطينية أو الصلصالية ، وإذا زاد قطرها عن ٠.٢٥ ملليمتر فإنها تدخل في باب الحصى .

ويعتبر الحجر الرملى النوبي Nubian Sandstone من أشهر أنواع الأحجار الرملية وأوسعها انتشارا . وتعد طبقاته تحت سطح الأرض في كل نطاق

المعمره الكبرى ونطاق السودان في إفريقية ، وتواصل امتدادها كذلك في كل البلاد العربية تقريبا في غرب آسيا . وتعتبر هذه الطبقات من أعظم خزانات المياه الجوفية في العالم ، وهي المصدر الذي تستمد منه معظم واحات العالم العربي وهناك إفريقيا المياه اللازمة لمداريتها . ويعتبر هذا الحجر كذلك بشدة صلابته . وقد تكونت معظم طبقاته في أواخر الزمن الجيولوجي الاول وأوائل الزمن الجيولوجي الثاني .

الصخور الطينية : Mudstones

وهي صخور واسعة الانتشار في مناطق السهول الفيضية والوديان النهرية والبحيرات العذبة القديمة والحديثة ، وأهم ما يميزها عن الصخور الرملية أنها دقيقة الحبيبات ، ولا يزيد قطر حبيباتها عموما عن ٠.٠٥ من المليمتر (كما سبق أن ذكرنا) . وأشده أنواع الطين Mud (أو الغرين Silt) نعومة هو الصلصال الذي لا يزيد قطر حبيباته عن ٠.٠٢ من المليمتر . ونظرا لدقة حبيبات هذه الصخور بالنسبة للصخور الرملية فإنها تكون أكثر منها مسامية More Porous بمعنى أن عدد المسام التي توجد في أي كتلة منها يكون أكبر بكثير من عدد المسام الموجودة في كتلة مساوية لها من الصخور الرملية ، ومع ذلك فإن هذه المسام تكون دقيقة بدرجة لا تسمح للماء أو غيره من السوائل أن ينفذ خلالها أو أن يتجمع فيها ، وعلى هذا الأساس فإن الصخور الطينية تكون عادة عديمة النفاذية حتى أنها تبدو صماء Impermeable بينما تكون الصخور الرملية كبيرة النفاذية Permeable ، على الرغم من أن الصخور الرملية أقل مسامية Less Porous من الصخور الطينية . ونظرا لدقة حبيبات الطين فإنه يمكن أن يماسك لمجرد وقوعه تحت الضغط أو لمجرد جفافه إن كان مبالا . والصخور الطينية عموما قليلة الصلابة جدا إذا ما قورنت بمعظم الصخور الرسوبية الأخرى .

وتحتوى المواد الطينية على مركبات من سيليكات الألوميناوم التي تدخل من معادن الفلسبار (المستعمدة من نفس المعخور) مثل الكوارتز والميكا . وتأخذ المواد الطينية ألواناً مختلفة على حسب نوع المعخور التي استمدت منها ونوع المواد الأخرى التي تختلط بها ، وقد يميل لونها إلى البياض إذا كانت مختلفة ، مواد جيرية ، أو إلى الاحمرار إذا اختلطت بها أكاسيد حديدية ، أو إلى السواد أو الاخضرار إذا اختلطت بها أكاسيد منجنيزية أو مواد نباتية متحللة ، أو الاسمرار إذا اختلطت بها رمال كوانزبة ناعمة . والمعروف ان مناطق التربة الطينية هي أهم مناطق الانتاج الزراعى في العالم ، ولكنها تلبأين فيما بينهما على حسب نوع المواد الأخرى التي تختلط بها فتقال أو تزيد من خصوبتها ، ومن أشهر أنواعها التربة السوداء التي تختلط بها كثير من المواد المنسوبة المتحللة ، والتربة الحمراء التي تختلط بها أكاسيد حديدية ، والتربة الصفراء التي تختلط بها الرمال . والواقع أن اختلاط التربة الطينية بالرمل من الرمال أمر ضرورى لتسهيل نفاذ الماء فيها وتسهيل مهمة حرثها ، وتوصف مثل هذه التربة بأنها تربة خفيفة ، أما التربة الطينية التي تخلو من الرمال فتوصف بأنها تربة ثقيلة وتكون فلاحها صعبة نسبياً بسبب شدة تماسكها وعدم نفاذ الماء فيها . وتوجد المعخور الطينية في الطبيعة في طبقات تلبأين سمكها على حسب كمية المواد الطينية المترسبة وتغير ظروف الإرساب من وقت إلى آخر ، فإذا ترسبت المواد الطينية بكميات كبيرة خلال فترات طويلة ولم تغير ظروف الإرساب تغيراً يذكر خلال كل فترة من هذه الفترات فإن الطبقات المتكونة تكون عظيمة السمك ، أما إذا حدث الترسيب في فترات قصيرة تفصل بينها فترات يتوقف فيها الإرساب أو إذا كانت ظروف الإرساب كثيرة التغير فإن الطبقات المتكونة تكون عادة رقيقة ، بل إنها قد تكون في بعض الحالات رقيقة جداً بدرجة تجعلها أشبه بالأوراق المتلاصقة . ويتكون منها في هذه

الحالة نوع خاص من الحجر الطيني يطلق عليه اسم الحجر الطيني الورقي أو الصفيحي Shale .

ثالثا - الصخور المتحولة

Metamorphic Rocks

المقصود بهذه الصخور هو الصخور التي كانت في الأصل صخورا نارية أو رسوية ولكنها تعرضت لظروف مختلفة عن الظروف التي نشأت فيها فأعيد تبلورها وتحولت إلى صخور جديدة تختلف في بعض صفاتها الرئيسية (مثل درجة الصلابة وشكل البلورات وتركيبها) عن الصخور الأصلية التي تحولت منها ، بل وكثيرا ما تضاف إليها أثناء عملية التحول مواد معدنية جديدة لم تكن موجودة في الصخر الأصلي .

وأمم العوامل التي تسبب التحول Metamorphism هي الحرارة الشديدة إما بمفردها أو مع الضغط الشديد ، وعلى هذا الأساس يقسم التحول إلى نوعين رئيسيين هما :

(١) التحول بالحرارة Thermal Metamorphism ، ويحدث نتيجة لتعرض الصخور إلى حرارة شديدة تؤدي إلى انصهارها أو حرقها ثم إعادة تبلورها ، ويحدث هذا عندما تندفع في وسط هذه الصخور كتل نارية مثل البازوليت واللاكوايت والسدود وقد يؤدي هذا التحول إلى تكون معادن جديدة في الصخر . وخصوصا في أجزائه الملاصقة للكتلة النارية . وتتوقف كمية التحول ودرجته على تركيب الصخر المتحول نفسه وعلى حجم الكتلة النارية المندمجة في وسطه ومدى ما يوجد بها من محاليل ، إذ أن وجود مثل هذه المحاليل يساعد على التحول وعلى تكون المعادن الجديدة . وتتميز الصخور التي تتحول بهذه الطريقة بكثير بلوراتها ، ولذلك فإن سميتها يكون

غالباً محبباً ومن أمثلتها الرخام الذي يتحول من الحجر الجيري، والكوارتزيت الذي يتحول من الكوارتز .

٢ - التحول بالحرارة والضغط معا (التحول الأقليمي) : إن هذا النوع من التحول أكثر حدوثاً من التحول بالحرارة وحدها ، وهو يحدث في نطاقات واسعة ، ولذلك فإنه يعرف كذلك بالتحول الإقليمي . ومع ذلك فإن كمية الصخور المتحولة ودرجة تحولها تتوقف على شدة الحرارة وشدة الضغط اللذين يتعرض لهما الصخور وعلى كمية المياه والمحاليل التي تساعد الصخور على التحول عندما تختلط بها . ويكون التحول بهذه الطريقة غالباً أشد من التحول بالحرارة وحدها لأنه لا يؤدي إلى إعادة بلورة الصخر أو تكوين معادن جديدة فيه فحسب بل يؤدي في نفس الوقت إلى إعادة ترتيب البلورات وتغيير معادنه في نظام جديد يتفق مع الظروف الجديدة، وقد يؤدي أيضاً إلى خروج بعض عناصره ، ولذلك فإن الصخر الذي يتحول بهذه الطريقة يكون غالباً مختلفاً اختلافاً يكاد يكون تاماً عن الصخر الأصلي الذي تحول منه . ويرتبط هذا النوع من التحول بحركات القشرة الأرضية ، وخصوصاً بحركات الانثناء التي يتعرض بسببها طبقات الصخور للضغط الشديد الذي يؤدي بدوره إلى ارتفاع درجة حرارتها والصفة التالية في الصخور المتحولة بالضغط والحرارة معا هي أن نسيجها يكون صفائحياً بسبب الضغط الذي يؤدي إلى ترتيب البلورات في صفوف وطبقات متوازية تقريباً، ومن أهم الصخور المتحولة التي تكونت بهذه الطريقة النيس الذي يتحول غالباً من الصخور النارية ، إلا أنه قد يتحول كذلك من الصخور الرسوبية ، ثم الشيست الذي يتحول من الصخور النارية ، ثم الارندواز الذي يتحول مادة من الصخور الطينية .

أمثلة للصخور المتحولة المشهورة :

١ - النيس Gneiss : وهو في الغالب يتحول من الصخور النارية

وخصوصاً من الجرانيت ، ولكنه قد يكون متحولاً في بعض الأحيان من الصخور الرسوبية ، ويكون تركيبه المعدني مادة متشابهة مع تركيب الصخر الذي تحول منه ، ويكون نسيجه خشناً بسبب كبر بلوراته نسبياً ، وتكون هذه البلورات في بعض أنواع هذا الصخر مرتبة في طبقات أو صفوف متعاقبة أو متقطعة . وقد تكون كل طبقة أو صف من الصفوف مكونة من معدن واحد من المعادن التي تدخل في تركيب الصخر ، ففي النيس المتحول من الجرانيت مثلاً قد نجد صفوفاً من الميكا متعاقبة مع صفوفه أخرى من الكوارتز والفلسبار . ويسمى النيس مادة باسم الصخر الذي تحول منه ، أو باسم المعدن السائد فيه ، فهناك مثلاً نيس جرانيت ونيس مسكوفيت (نسبة إليه الميكا السوداء) ، ونيس هورنبلند وهكذا .

الشيست Schist : وهو يشبه النيس في أنه متحول غالباً من الصخور النارية . وقد اشترك في تحوله عاملان الضغط والحرارة الشديدين ، ولكنه يتميز عن النيس بصغر بلوراته التي تكون مرتبة في صفائح متسلسلة يمكن فصل بعضها عن بعض على طول سطوح متوازية . وتوجد من هذا الصخر أنواع يختلف بعضها عن بعض على حسب نوع الصخر الذي تحول منه وعلى حسب المعادن السائدة فيه ، فمنه على سبيل المثال شيست الميكا وفيه تسود الميكا التي تظهر في صفائح واضحة ذات سطوح متوازية ، وشيست المورنبلند وشيست الجرانيت . وعلى أي حال فإن الصخر يكون مكوناً من أكثر من معدنين من هذه المعادن .

٣- الاردواز Slate : وهو متحول من الصخور الطينية ، ويختلف لونه تبعاً لاختلاف ألوان هذه الصخور ، فمنه الاردواز الأسود وهو النوع الشائع ومنه الاردواز الأحمر والأخضر . وهو مكون من طبقات رقيقة يلتصق بعضها ببعض على طول سطوح متوازية . وهو يلتصق على طول هذه السطوح ، ويدل ترتيب طبقاته على أن تحوله قد حدث بسبب الحرارة والضغط

مها ، وهو ذو نسيج حبيبي دقيق ، ويمكن استخدامه في أغراض كثيرة مثل صبغة السبورات وألواح الكتابة ونفطية سقفوف المباني في الأقاليم المطيرة .

٤ - الرغام Marble ، وهو يتحول من الحجر الجيري بسبب الحرارة الشديدة التي يتعرض لها عندما تندفع بين طبقاته مواد جوفية منصهرة . ولذلك فإنه يوجد حول السدود والمباني واللاكوإث وغيرها من تكوينات الصخور النارية المتدخلة ، حيث يؤدي اندفاع المواد المنصهرة إلى انصهار الصخور الجيرية الملاصقة لها وإلى تبلورها أثناء برودتها وتحولها إلى صخر متبلور جديد هو الرغام . وتكون البلورات مكونة عموما من حبيبات الكلسيت . وقد تكون هذه الحبيبات دقيقة جدا في بعض أنواع الجرانيت بحيث لا تسهل رؤيتها بالعين المجردة بينما تكون في بعضها الآخر كبيرة لدرجة تعطي للصخر نسيجاً خشناً . واللون الغالب في الرغام هو اللون المائل إلى البياض إذا كان نقياً ، ولكنه قد يوجد كذلك بألوان أخرى تميل إلى السواد أو الاخضرار أو الاحمرار إذا ما اختلطت به شوائب ملونة مثل أكاسيد المنجنيز أو الحديد . وهو يشبه الحجر الجيري في أنه يتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك ، وتطلق منه فقاعات من ثاني أكسيد الكربون عند حدوث هذا التفاعل .

٥ - الكوارتزيت Quartzite ، وهو يتحول من الحجر الرملي بطريقة مشابهة للطريقة التي يتحول بها الحجر الجيري إلى رخام ، أي نتيجة لاندفاع مواد جوفية منصهرة بين تكويناته ، حيث يؤدي ذلك إلى انصهار الصخر وإعادة تبلوره ، وفي هذه الحالة تتماسك حبات الكوارتز تماسكاً شديداً جداً بواسطة السيليكا التي تترسب بينها ، ويكون الصخر لهذا السبب شديد الصلابة جداً ، وإذا حدث فيه كسر فإن الكسر يخترق حبات الكوارتز نفسها بسبب شدة تماسكها ، وذلك بخلاف الصخر الرملي الذي إذا كسر فإن الكسر يمتدح حول هذه الحبات . ويميل الكوارتزيت عادة إلى البياض إلا إذا اختلطت به شوائب ملونة تعطي ألواناً أخرى مثل الأسود والأحمر .

الأهمية الجيومورفولوجية للتركيب الصخري

إن دراسة التركيب الصخري للقشرة تدلّان في أهدافها وأساليبها على تباين الأغراض التي تدرس من أجلها، وعلى أغراض كثيرة ومتنوعة، فعلى الرغم من أن دراستها تعتبر أساسية في كل فروع الجيومولوجيا فإن الجوانب التي يركز عليها الباحث في الجيومولوجيا الاقتصادية تختلف عن الجوانب التي يركز عليها الباحث في الجيومولوجيا التاريخية أو جيولوجية المياه الأرضية. وعلى الرغم من أن الجغرافيين يهتمهم كذلك دراسة الصخور فإن الجوانب التي يهتم بها الباحث في جغرافية الثروة المعدنية أو جغرافية البترول تختلف عن الجوانب التي يهتم بها الباحث في الجيومورفولوجيا أو في جغرافية المياه أو جغرافية التربة أو في غير ذلك من الموضوعات المتشعبة التي تشتملها العلوم الجغرافية.

ولما كانت الجيومورفولوجيا تتم بمهمة خاصة بدراسة أشكال التضاريس وماطرأ عليها في الماضي وماطرأ عليها في الحاضر والمستقبل من تغير نتيجة لما تعرضت له وما تعرض له من مؤثرات فإنها تحتاج من غير شك إلى معرفة الطريقة التي يتأثر بها كل نوع من أنواع الصخور إذا تعرض لأي عامل من العوامل التي تؤثر فيه. وقد أوضحنا في دراستنا السابقة أن الصخور تدلّان تبايناً كبيراً في خصائصها الطبيعية والكيميائية التي تؤدي إلى اختلاف درجة تأثر كل منها بالعوامل المتشابهة، سواء في ذلك العوامل الباطنية وما نسبته من حركات في القشرة أو العوامل الخارجية التي تشتمل على عوامل التجوية وعوامل التعرية. ولذلك فإن تنوع الصخور التي تتكون منها قشرة الأرض قد يعكس في بعض الأحيان هو السبب الأول عن اختلاف المظاهر الجيومورفولوجية لبعض المناطق المتشابهة في ظروفها الأخرى أو حتى في المنطقة الواحدة التي تتكون من صخور متجانسة. فمن هنا يتبين أن الحركات

الأرضية التي تعرضت لها القشرة في العمود الجيولوجية المختلفة كانت تؤدي إلى تصدع المناطق المكونة من صخور صلبة من نوع الصخور النارية والمتحولة بينما كانت تؤدي إلى انتفاء المناطق المكونة من صخور رسوبية أقل صلابة فتنتج عنها في الحالة الأولى تكوين أشكال تضاريسية من نوع الوديان المصدعية والمضاسب المصدعية (المورست) وغيرها بينما ينتج عنها في الحالة الثانية تكوين جبال انثنائية متباينة الأشكال والأحجام .

ويأخذ التركيب الصخري كذلك أدواراً مهمة في تحديد آثار عوامل التعرية وعوامل التجوية ، فالمعروف مثلاً أنه كلما زادت صلابة الصخر زادت قدرته على مقاومة التعرية ، ولذلك فكثيراً ما تبقى تكوينات الصخور الصلبة بارزة بعد أن تزال الرياح أو المياه الجارية أو الجليد أو غيرها من العوامل التكوينية الأخرى من حولها . ولكن درجة حرارة الصخر وحدها ليست هي الصفة الوحيدة التي تحدد قدرته على مقاومة عوامل التعرية وعوامل التجوية ، إذ أن هناك صفات أخرى تدخل في تحديد هذه القدرة مثل التركيب المعدني للصخر ووجود بعض مناطق الضعف فيه مثل الشقوق والمفاصل ، والظروف التي يوجد فيها ، فالصخور الجيرية مثلاً أقدر على مقاومة التجوية والتعرية في المناخ الجاف منها في المناخ الممطر ، لأنها قابلة للذوبان في مياه الأمطار التي تحمل عند سقوطها بعضاً من ثاني أكسيد الكربون من الهواء ، والعكس صحيح بالنسبة للصخور النارية مثل الجرانيت الذي يكون أقدر على مقاومة التعرية في المناخ الرطب منه في المناخ الجاف ، وذلك لأن هذا الصخر سهل التأثر بالتآكل المستمر لبرودة الليل وحرارة النهار ، ولذلك فإنه يكون أقل مقاومة للتجوية والتعرية في هذا المناخ منه في المناخ الممطر . ويمكن للدلالة على ذلك أن رمال الصحاري قد نتجت من تجوية الصخور النارية على طول مئات الآلاف من السنين ، وأن عوامل التعرية هي التي قامت بعد ذلك بتوزيعها على سطح الأرض وعلى تراكبها في بعض المناطق بشكل كثبان أو غطاءات رملية .

الباب الثالث

الماء واليابس

الفصل السابع - نشأة المحيطات والقارات وتطور توزيعها

الفصل الثامن - البحار والمحيطات الحالية

الفصل التاسع - دركات مياه البحار والمحيطات

الفصل السابع

نشأة المحيطات والقارات وتطور توزيعها

المحيطات والقارات كمرآة من مرآة التضاريس ،

إن كلمة تضاريس Orography أو Relief معناها العام تشمل كل ما على سطح الأرض من ارتفاعات وانخفاضات أي كانت أحجامها وأشكالها . وعلى هذا الأساس فإن كثيرا من الجغرافيين يدخلون القارات والمحيطات ضمن مظاهر التضاريس ويعتبرون أنها هي أكبر المظاهر التضاريسية ، ومنها تدرج هذه المظاهر إلى المظاهر الأصغر فالأصغر حتى تصل إلى أصغر الأشكال التي يمكن أن نجدها في مواضع صغيرة على سطح الأرض ، ومن أمثلتها التموجات التي تظهر على سطح الرمال أو الدجاويف والتتوهات الصغيرة التي توجد على سطح الصخور . ونظرا لهذا التفاوت الكبير بين كل هذه المظاهر والأشكال من حيث أحجامها والعوامل التي ساهمت في نشأتها وتطورها لم يعد من العمل دراستها كلها في باب واحد ، ولذلك فإن الجغرافيين يسمونها مادة إلى ثلاث مراتب هي :

(١) تضاريس المرتبة الأولى ، وتشمل كتل اليابس من ناحية وأحواض المحيطات والبحار الكبرى من ناحية ثانية .

(٢) تضاريس المرتبة الثانية وتشمل المظاهر الرئيسية التي توجد ضمن تضاريس المرتبة الأولى وأهمها الجبال والهضاب والسهول والأحواض النهرية والبحيرات والبحار الداخلية . وهذه المظاهر هي التي نعتبرها مادة عند الكلام على « التضاريس » ، و تعتبر دراستها من أهم الموضوعات الجغرافية لأنها تعتبر من أهم المظاهر الطبيعية لسطح الأرض فحسب ، بل لأنها

لدخل كذلك بطرق مباشرة وغير مباشرة في كل النواحي الجغرافية الأخرى . سواء منها ما هو طبيعي مثل المناخ والنبات وتصريف المياه ، أو ما هو بشري مثل الإنتاج الزراعي والمواصلات وتوزيع السكان وتخطيط الحدود وغير ذلك من مظاهر الحياة البشرية .

٣) تضاريس المرتبة الثالثة ، وتشمل جميع الأشكال الصغيرة التي توجد في داخل تضاريس المرتبة الثانية بما في ذلك أصغر الأشكال وأدق التفاصيل التي تسببها العوامل الجوية وحركة الرياح أو المياه الجارية أو الجليد ، وهذه الأشكال هي التي يختص بدراستها وتخليها علم « الجيومورفولوجيا Geomorphology » الذي ظهر في أواخر القرن التاسع عشر ثم أخذ يتطور بسرعة حتى أصبح يحتل في الوقت الحاضر مركزاً مهماً بين العلوم الجغرافية بصفة عامة وعلوم الجغرافيا الطبيعية بصفة خاصة .

وعلى الرغم من أن ما تقصده عادة للكلام على « التضاريس » هو تضاريس اليابس فقط ، فليس معنى ذلك أن قيمان البحار والمحيطات خالية من مثل هذه التضاريس ، إذا أنها تحتوي على كثير من المظاهر التضاريسية الكثيرة والمتباينة ، ومن بينها كثير من الاتحادات العميقة والجبال المرتفعة . وكل ما هنالك هو أنها تكون غالباً مغمورة تحت سطح الماء وليست لها ملامات مباشرة بمظاهر الجغرافيا الطبيعية أو البشرية على سطح اليابس وهذا هو ما يعدها غالباً عن مجال الدراسات الجغرافية في الوقت الحاضر .

بعض محاولات تفسير نشأة المحيطات والقارات

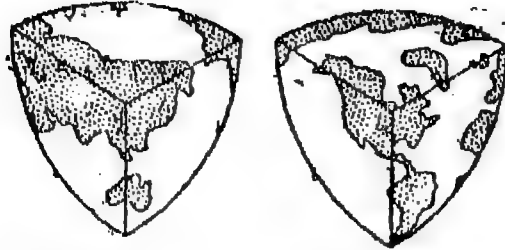
كما أن نشأة الكرة الأرضية ما زالت محلاً للجدل فإن نشأة القارات والمحيطات ما زالت هي الأخرى محلاً لثل هذا الجدل ، وأهم النظريات التي وردت بهذا الخصوص هي :

١ - النظرية التتراهيدية Tetrahedral Hypothesis : ومعناها النظرية

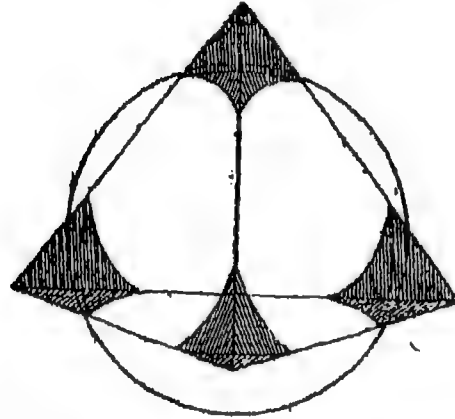
المربعة ، وصاحبها هو الباحث البريطاني لوديان جرين Lothian Green الذي

اقترحها سنة ١٨٧٥ وعلفها هو أن سطح الكرة الأرضية يتفق في مظهره العام مع شكل هرم ثلاثي قاعدته في الشمال ورأسه في الجنوب وأن الفجرات تحمل الحافات والأركان البارزة للهرم ، بينما تحمل المحيطات جوانبه المسطحة . وقد إقبت هذه النظرية عند ظهورها قبولا لدى كثير من الباحثين لأنهم : (١) وجدوا فيها تفسيراً معقولاً للشكل العام الذي تأخذه منظم الفجرات ، وهو شكل المثلثات التي تقع رؤوسها في الجنوب وقواعدها في الشمال ، وهو ما يبدو واضحاً بصفة خاصة بالنسبة لفجرات إفريقيا وأمريكا الجنوبية وأمريكا الشمالية (٢) لأنها تتفق مع نظرية من النظريات الهندسية المعروفة ، وهي أن النسبة بين مساحة قشرة أى جسم وحجمه تنخفض إلى أمر رقم لها إذا كان هذا الجسم كروياً فإذا ما أخذ حجم هذا الجسم في التناقص لاي سبب من الأسباب مع بقاء مساحة قشرته ثابتة فإن شكله يأخذ في التغير وتتراهد تبعاً لذلك النسبة بين مساحة قشرته وحجم جسمه . وآخر شكل يمكن أن يتحول إليه هذا الجسم هو شكل الهرم الثلاثي ، فمن المعروف أن الهرم الثلاثي هو الشكل الهندسي الذي تمثل فيه أعلى نسبة بين مساحة القشرة والحجم . وعلى هذا الأساس يعتقد صاحب النظرية أن حجم الكرة الأرضية ظل يتناقص بسبب البرودة لمدة طويلة بعد أن كانت قشرتها قد بردت ونهت مساحتها تقريباً ، وكان لابد لهذه القشرة أن تتجهد لتتلاءم مع تناقص الحجم وانتهى الأمر بتحولها إلى ما يشبه الهرم الثلاثي . وبعد أن تكونت المياه على سطح الكرة كان من الطبيعي أن تتجمع فوق الأسطح المنخفضة للهرم لتتكون منها المحيطات بينما ظلت الحافات البارزة جافة وتكونت منها الفجرات التي كانت متسعة في الشمال بسبب امتدادها مع الحافات الثلاث لقاعدة الهرم وضيقه في الجنوب بسبب تناقص حجم الهرم كلما اتجهنا نحو قمته (أنظر الشكلين ١٥ و ١٦) .

دوى لاويرث C. Lepworth ، إن رأى هذا الباحث (البريطاني) يشبه



شكل (٢٥) توزيع اليابس والماء على سطح الكرة الأرضية
على حسب النظرية التتراجاهدية



شكل (٢٦) العلاقة بين الكرة والمهرم إذا وضع أحدهما داخل الآخر

ورأى لودفيج جرون صاحب النظرية التتراجاهدية من حيث الفكرة المبدئية التي
بنى عليها، وهي أن الأرض كانت في أول أمرها حارة وجوّة ثم أخذت
تبرد بالتدريج، وترتب على ذلك تناقص حجمها وتقلص قشرتها. ولكن
لا أوزن لا يرى مبررا للاعتقاد بأن هذا التقلص أدى إلى إعطاء
القشرة أي شكل هندسي معين وإنما أدى إلى تجمعها بغير نظام خاص، كما
يحدث لشجرة التفاح عندما تجف وتتجمد قشرتها. فينفس الطريقة تجمدت قشرة
الأرض فانتخضت أجزاء من سطحها وشكلتها كالجبال والمحيطات بينما بقيت
الجزء الباقى الآخر مرقعة فتكونت منها الملاوان.

ويمكننا أن نفهم رأى لا بويرث إذا لاحظنا أن أعمال المحيطات وارتفاعات الجبال لا تمثل في الحقيقة إلا تجميهاً بسيطة جداً لو نظرنا إليها بمقاييس الكرة الأرضية، فإذا كان الفرق بين أعلى قمة على اليابس وأعمق بقعة في المحيطات هو ٢٠ كيلومتراً تقريباً فإن هذا الفرق يمثل $\frac{20}{12700}$ (أو $\frac{4}{12700}$) تقريباً من قطر الكرة الأرضية، فلو أننا مثلنا هذه الكرة بدائرة قطرها ١٢٧٠٠ سلميتر فإن الخط الذي يمثل محيطها يجب أن يكون سمكة سلميتر واحداً على الأكثر، والمفروض هو أن تكون كل المرتفعات وكل المنخفضات الموجودة على سطح الكرة الأرضية بمنزلة بداخله وهكذا فإن النسبة بين تجمييد سطح الأرض وحجمها لا تكاد تختلف في الواقع عن النسبة بين تجمييد الفناحة وحجمها.

دوى ذولاس Solles : يختلف رأى هذا الباحث (الفرنسى) اختلافنا جدوهرياً عن الرأى السابقين فعلى الرغم من أنه يتفق معهم في أن الكرة الأرضية كانت في أول أمرها رخوة فإنه يرى أن السبب في تجميد سطحها يرجع إلى تباین الضغط الجوي الذى كان واقفاً على أجوائها المنفصلة عند بدء تكونها . فقد كانت بعض المناطق واقعة تحت ضغط مرتفع وبعضها الآخر تحت ضغط منخفض ، ونظراً لأنها كانت لا تزال رخوة نوعاً ما فقد هبطت المناطق التي وقعت تحت الضغط المرتفع وتكونت منها المحيطات بينما بقيت المناطق التي وقعت تحت الضغط المنخفض مرتفعة وتكونت منها القارات .

والخلاصة أن نشأة القارات والمحيطات ما زالت حتى الآن محلًا للنقاش شأنها في ذلك شأن نشأة الأرض نفسها ، وذلك على الرغم من أن الباحثين اعتمدوا في محاولاتهم لتفسير نشأة المحيطات والقارات على حقائق ملموسة مثل شكل السواحل وأعماق المحيطات وأنواع الرواسب التي توجد في هذه الأعماق ومقارنتها بالرواسب القديمة التي توجد على اليابس ، بينما لم تستند النظريات التي تعرضت لتفسير نشأة الأرض إلى حقائق علمية ملموسة من هذا النوع .

من المحيطات ومصدر مياهها :

على الرغم من أن العوامل التي أدت إلى تكوين القارات والمحيطات مازالت غير معروفة فإن هناك اتفاقا عاما على أن كليهما كان موجودا منذ أقدم العصور الجيولوجية المعروفة ، فلدلت الابحاث الجيولوجية على أن تكونت بعض مناطق القارات الحالية تدل بوضوح على أن هذه المناطق كانت دائما أرضا يابسة ولم تغمرها مياه البحر في أى وقت من الأوقات ، وأن تكونت بعض الامتاق المحيطية التي تزيد على ستة آلاف متر تدل على أن هذه الاعماق كانت دائما منطقة مياه البحر وانها لم تتحول إلى أرض يابسة في أى عصر من العصور المعروفة . وإن كان هذا لا يمنع من أن مياه البحار كانت تنطق في بعض العصور على أجزاء من القارات أو أن بعض الأجزاء المنحلة نسبيا من المحيطات كانت تتحول أحيانا إلى أرض يابسة .

فاذا ما سلمنا بأن المحيطات كانت موجودة منذ أقدم العصور الجيولوجية فإن مرها يمكن أن يكون هو عصر أقدم صخور القشرة الأرضية ، وتدل الدراسات إلى أجريت حتى الآن على أن هذا العصر يبلغ حراره ثلاث آلاف مليون سنة . وقد وجدت بالفعل ضمن هذه الصخور بعض الصخور الرسوبية التي تحتوي على رواسب مائية مثل الحصى ، كما وجدت في بعض الصخور الرسوبية التي تكونت بعد ذلك بحواله ثلاثمائة مليون سنة رواسب مكونة من نباتات أولية من نوع الطحالب Algae التي مازالت توجد في مياه البحار حتى الآن ، كما تبين أن بعض الصخور التي تكونت بعد ذلك يوضع مئات الملايين من السنين تحتوي على كائنات عضوية من نوع البكتريا (١) .

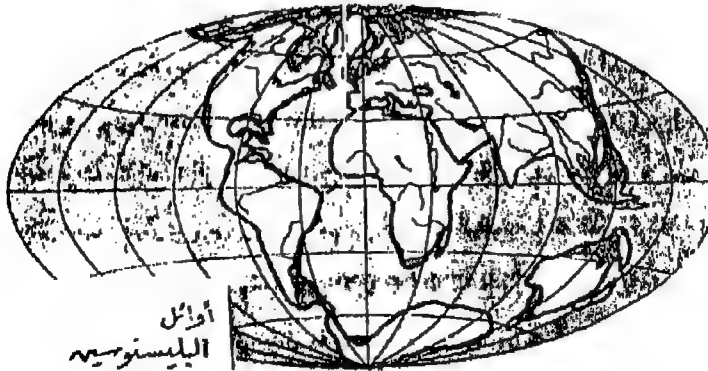
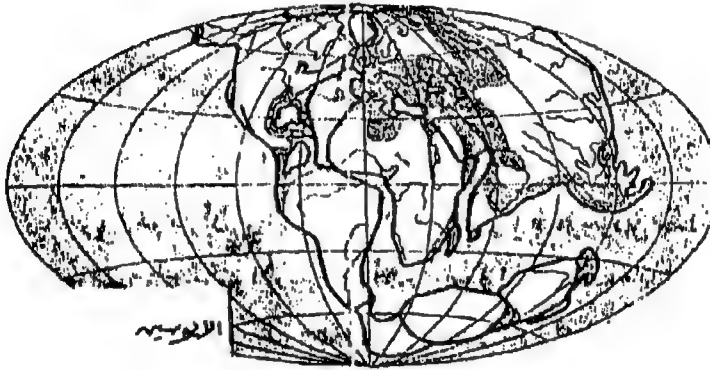
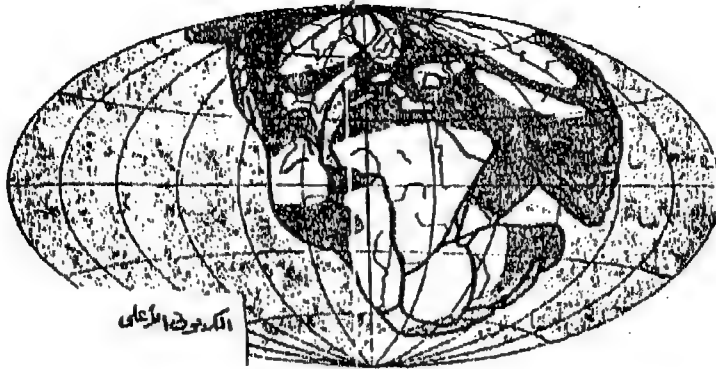
أما من المصدر الذي جاءت منه مياه البحار فهو المياه التي كانت محبوسة في مصبور باطن الأرض فقد كانت المياه تطلق بكثرة من هذه المصنوري المراحل الأولى لبرودة الأرض ، كما كانت كميات كبيرة من المياه تطلق كذلك عند دوران البراكين التي كانت أعظم نشاطا بكثير في كل المصنور الجيولوجية والمصنور التاريخية منها في الوقت الحاضر . ويقدّر بعض الباحثين أنه كمية المياه التي انطلقت من المصنور وخسرت من الثورات البركانية خلال العصور الطوال لفكرة الأرضية تكفي بسهولة لتكون كل المياه التي امتلأت بها أحواض البحار والمحيطات (١) .

الزحف القاري

CONTINENTAL DRIFT

على الرغم من أن الياس وللماء كانا ، كما ذكرنا ، موجودين جنباً إلى جنب على سطح الكرة الأرضية منذ أقدم المصنور الجيولوجية فإن توزيعها كان يمرض لتغيرات كبيرة خلال بعض المصنور نتيجة لمواسل مختلفة من أهمها حر كات الزحف التي يعتقد بعض الباحثين أنها حدثت لكل الياس ، والتي بلغت أشدها أثناء الزمن الجيولوجي الثاني . وكان الباحث الألماني ألفريد ويجنر Alfred Wegener هو أول من تكلم (سنة ١٩٢٢) عن احتمال حدوث مثل هذا الزحف واقترح عندئذ نظريته التي اشتهرت باسم « نظرية الزحف القاري » . وعلى الرغم من أن هذه النظرية لم تصادف قبولا عند بعض الباحثين فإنها ما زالت حتى الآن تحتفظ بمعظم أهميتها ، لأنها تتفق مع الحقائق المعروفة عن تركيب القشرة الأرضية ، كما أنها تستطيع أن تفسر

(١) في المرجع السابق ص ٨٥ .



شكل (٤٧) توزيع الماء واليابس في ثلاثة عصور جيولوجية

بعض أشكال السواحل المتقابلة على جوانب المحيطين الأطلسي والهندي ،
وأن تفسر كذلك بعض أوجه التشابه في التركيب الجيولوجي وفي بعض
المظاهر الحفرية في بعض المناطق المتقابلة على جانبي هذين المحيطين .

وعلى أساس هذه النظرية يرى فيجنر أن اليابس كله كان جزءاً مائلاً
الرمس الجيولوجي الأول في كتلة واحدة أطلق عليها اسم « بانجيا » Pangaea ،
وقد كانت تضم قرتين رئيسيتين هما قارة جندوانا Gondwana في الجنوب
وقارة لوراسيا Laurasia في الشمال . وكانت توجد بداخل هذه الكتلة بحار
داخلية من أهمها بحر تيثيس Tethys الذي كان يحد صوماليين الشرق والغرب .
وكان القسم الأكبر من كتلة بانجيا واقعاً جنوب خط الاستواء حتى أنه كان
يمتد حتى القطب الجنوبي . وفي أواسط الزمن الجيولوجي الثاني أخذت تارتنا
جندوانا ولوراسيا في التمزق نتيجة لحدوث سلسلة من الانكسارات على
أطرافها ، وبدأت أجزاء كبيرة منها في الزحف بعيداً عن الكتلتين الأصليتين
على طول هذه الانكسارات . وقد سارت حركات الزحف في ثلاثة اتجاهات
رئيسية أحدها نحو الشمال والثاني نحو الشرق والثالث نحو الغرب .

أما الزحف نحو الشمال فقد أدى بالتدريج إلى إعتال معظم اليابس بعيداً
من القطب الجنوبي ، فيما عدا الكتلة التي تكوّن منها القارة القطبية الجنوبية
(أنتاركتيكا) فقد كانت هذه القارة جزءاً من جندوانا لاند ولكنها تخلفت
في مكانها بعد أن زحفت جندوانا لاند مع بقية اليابس نحو الشمال . وهناك
أدلة قوية على حدوث هذا الزحف منها :

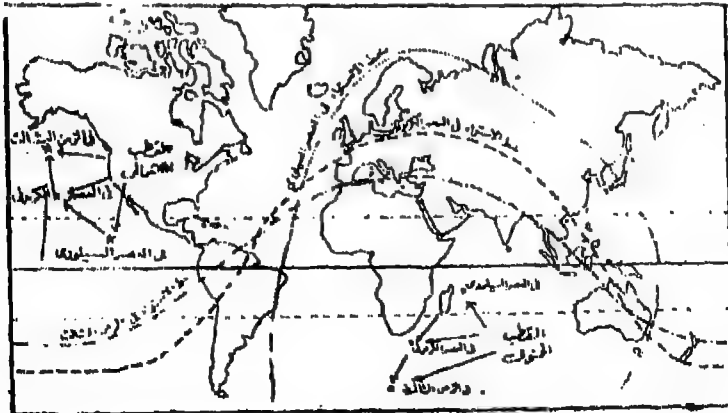
١ - العثور في جنوب أوروبا ووسطها على رواسب قديمة من الأنواع
التي لا توجد إلا في الأقاليم الحارة ، ومن أهمها ككوبينات من تربة اللانديت

و Latorile ، وهي التربة الحمراء التي تتميز بها الأقاليم الاستوائية في الوقت الحاضر .

٢ — العثور في نفس الأقاليم على حيالكل وبهايا كثيرة لحيوانات قديمة من الأنواع التي لا تعيش إلا في الجور الحار مثل الفيل والحريتم والنمر والأسد وغيرها .

٣ — العثور على كثير من آثار النحت والإرساب الجليدي التي ترجع إليه أواخر الزمن الجيولوجي الأول في جنوب إفريقيا وأستراليا والمنشد والبرازيل ، وهي المناطق التي انسلخت من « جندرانالاند »

ومن الواضح أن وجود مظاهر المناخ المداري في أوروبا ومظاهر المناخ القطبي في جنوب إفريقيا يعتبر دليلاً قوياً على أن اليابس كان أبعد إلى الجنوب منه في الوقت الحاضر حتى أن خط الاستواء كان في ذلك الوقت (أي في أواخر الزمن الجيولوجي الثاني) ، يمر في وسط أوروبا تقريبا ، بينما كان جنوب إفريقيا قريبا من المنطقة القطبية الجنوبية .



شكل (١٨) موقع خط الاستواء والقطبين في بعض العصور الجيولوجية



شكل (٤٩) إمكانية تطابق السواحل المطلة على المحيط الاطلسي ، ويظهر
النطاق واضحا بعمق خاصة على منسوب خط عمق --- ٥٠٠ متر (المبين بالشرط) ،
وتبين الشرط الشبكة المناطق التي كانت القارات ملتصقة عندها ، على حسب
نظرية الزحف القاري .

أما الزحف نحو الشرق فقد أدى إلى انفصال الاجزاء التي كانت معظم
استراليا وهضبة الدكن وشبه الجزيرة العربية عن كتلة جندوانا ، بينما أدى
الزحف نحو الغرب إلى انفصال الكتلة التي تكونت منها أمريكا الجنوبية ، كد
أدى نفس هذا الزحف إلى انفصال الكتلتين ، اللتين كونتا جرينلاند وأمريكا
الشمالية عن كتلة لوراسيا ، بينما بقي القسم الأكبر من قارتي أوروبا وآسيا . وبمس
الطريقة كان القسم الأكبر من جندوانا لاند قد بقي وتكونت منه إفريقيا .
وتتقسم الأدلة التي أوردنا فيجيزر على حدوث الزحف في هذين
الانحمايين إلى قسمين هما :

١ - أن انجماعات وتعاريف السواحل المتقابلة على جانبي المحيط الاطلسي
وعلى جانبي المحيط الهندي تجعل من الممكن أن تتداخل هذه السواحل بعضها
في بعض بصفة مائة إذا قدر لما أن تترجح لتقابل من جديد ، مما يوحى
بأنها تمثل الجوانب المتقابلة لتصدعات طوعية واحدة . ويبدو هذا واضعاً
بصفة خاصة بالنسبة لسواحل شمال شرق أمريكا الجنوبية والسواحل
المقابلة لها على خليج غانة بإفريقيا .

٢ - أن هناك بعض التشابه بين التركيبات الجيولوجية والآثار
الجيومورفولوجية التي ترجع إلى الزمنين الأول والثاني في المناطق المتقابلة
التي تفترض نظرية الزحف القاري أنها كانت أجزاء من جندوانا لاند أو من
لوراسيا . وأمثلة عن ذلك فقد عثر في بعض واسب الزمن الجيولوجي
الأول في جنوب إفريقيا والبرازيل والهند واستراليا على حلزونات لأنواع
خاصة من الفواقر التي لا تستطيع الانتقال عبر مياه البحار . ولذلك فإن
وجودها في هذه المناطق المتباعدة يعتبر دليلاً قوياً على أنها كانت متصلة ببعضها .
ومع ذلك فإن بعض الباحثين مثل هولمز A. Holmes لم يلقنوا بهذه
الأدلة لعدة أسباب منها :

١ - أن هناك احتمالا كبيرا ألا تكون السواحل الحالية هي نفس السواحل التي كانت موجودة عند بدء حركة الزحف ، لأن تأثرها بموامل التشكيل الفيزيوجغرافية المختلفة خلال مئات الملايين من السنين كان كفيلا بتغيير أشكالها.

٢ - أن هناك كذبا ضخمة من السابال (التي تكون منها كتل الهامس) الممتدة فوق قاع المحيط الأطلسي في نطاق طويل من الشمال إلى الجنوب ، فلو فرضا وسلمنا بصحة نظرية الزحف القاري فمن الممكن أن تكون هذه الكتل مجرد أجزاء متخلفة من الكتل اليابسة التي واصلت زحفها نحو الغرب^(١) ، فلو فرضنا أن الأمر يمكن وجريبلاند قد زحفت مرة أخرى نحو أوروبا إفريقيا

(١) يعتقد أن تتكون هذه الكتلة الفاصلة من بالمل بقايا أرض يابسة قديمة انحلت منذ زمن بعيد تحت سطح الماء بسبب الحركات الأرضية ، وأن تتكون هذه الأرض هي القارة القديمة التي أطلق عليها بعض علماء الجغرافيا القديمة اسم « قارة أطلانتيس Atlantis » وقد ثبت من دراسة بعض مظاهر التعريف النهرى القديم في ولاية نيويورك بالولايات المتحدة أن هذه المنطقة كانت تصل إليها من مورد قديمة أنهار ضخمة جدا من ناحية الشرق ، أي من ناحية المحيط الأطلسي ، وأن معظم رواسب هذه الولاية قد جاءت من هذا الاتجاه مما يدل على أنه كانت توجد في هذا المحيط أرض يابسة وقد أطلق بعض الجيولوجيين الأمريكيين على هذه الأرض اسم قارة أبلاتيا . وقد انتقلت هذه القارة تحت مدافع الماء نتيجة لحيات النحت المستمرة التي نفذت كثيرا من كوابلها نحو الغرب بالإضافة إلى بعض الحركات التكتونية التي أدت إلى ميلها وأدت في نفس الوقت إلى ارتفاع إقليم نيويورك لبلاند فترتب على ذلك انقلاب في نظام التعريف النهرى وأصبحت الأنهار لتصرف نحو الشرق بدلا من انصرافها نحو الغرب ، وهناك بعض الاحتمال بأن تتكون قارة « أبلاتيا » هي نفسها قارة « أطلانتيس » وقد وجدت معاداك في اسكتلندا ، أي على الجسائب الشرق للمحيط الأطلسي ، ورواسب هيئية وآثار تعريف نهرى قديم كانت أنهاره تأتي من ناحية الغرب ، أي من ناحية المحيط الأطلسي ، ويعتبر هذا دليلا آخر مؤيضا فكرة وجود أرض يابسة قديمة في هذا المحيط .

لمن المرجح أن هذا الزحف سيؤدي إلى انخفاض الكتل العاطسة وإلى ظهورها بشكل نطاق من اليابس الذي يفصل السواحل المتقابلة الحالية من بعضها وبناء على هذا فإن يكون هناك حل للأخذ بفكرة التداخل التي سبقت الإشارة إليها

٣ - على الرغم من وجود بعض التشابه في التركيب الجيولوجي والمظاهر الجيومورفولوجية وفي بعض البقايا الحفرية بين بعض المناطق المتقابلة على جانبي المحيط الأطلسي ، فقد تبين أنه هناك اختلافا في مظاهر الحركات التكتونية التي أوجدت المرتفعات القديمة على الجانبين ، وأما الحركات التي أوجدت المرتفعات القديمة في بريطانيا وشمال غرب أوروبا والحركات التي أوجدت المرتفعات القديمة المتقابلة لها في شرق أمريكا الشمالية حيث تبين أن هذه الحركات لم تكن متوافقة تماما مع بعضها .

أسباب الزحف القاري ونظرية التيارات الصاعدة ،

بالإضافة إلى أن الأدلة التي أوردها فيجيجر وأنصاره لدعم نظرية الزحف القاري حاول بعض الباحثين أن يجدوا تفسيراً معقولا للجانب الميكانيكي لعناية الزحف نفسها . وقررت عليهم هذا الجانب مشكلتان رئيسيتان هما . أولا - مشكلة تحديد وضع القارات كجزء من القشرة الأرضية نفسها ، وثانيا - مشكلة تحديد القوة التي يمكنها أن تحرك هذه القارات .

فقيا يختص بوضع القارات على سطح الكرة الأرضية تعود إلى ما سبق أن ذكرناه من تركيب قشرتها فقد ذكرنا أنها مكونة من طبقتين هما للسياوحى الطبقة السفلى وكتانها من ٣ إلى ٣٠ كم ، والسيال وهي الطبقة العليا وكتانها من ٢٠ إلى ٣٠ كم . وتتكون القارات والجزر الكبرى من السايال . وهي تسبح فوق السبا كما تسبح جبال الجليد في الماء . ولكن نظرا لأن السبا شديدة

في تكوينات السبيل ، فتكون في منطقة النقاء النطاق الجبلي بقاعدة المحيط القديم
منطقة بحرية أعمق من باقي أجزائه .

ومن هذا يتضح أن نظرية التيارات المساعدة نحاول أن تفسر عدة ظواهرات
في وقت واحد وهي كيفية وصول بعض القارات ، مثل الأمر يمكن واستقراليه ،
إلى أماكنها الحالية ، وكيفية تكون سلاسل الجبال الانثنائية الكبرى على
طول القارات بقاعدة المحيط الهادي وهي سلاسل جبال روكي وجبال الإنديز .
كما نحاول في نفس الوقت تفسير الطريقة التي نشأ بها المحيطان الأطلسي
والهندي ، ولما يحيطان حديثان نسبيا إذا ما قورنا بالمحيط الهادي .

توزيع الكتل القارية القديمة وعلاقتها بالقارات الحالية

ذكرنا أن اليابس القديم كان حتى قرب نهاية الزمن الجيولوجي الثاني
مجموعا من كتلة واحدة هي كتلة بانجيا التي كانت تفسرها رغم ذلك بحار
داخية أهمها بحر تيثيس ، وأن حركات التصدع والرجحة التي حدثت في
ذلك الزمن قد أدت إلى انفصال بعض الكتل القديمة نسبيا عن الكتل
الكبرى وانتقالها إلى أماكن معينة ، وقد توقف زحف كل كتلة من هذه
الكتل في مكان معين نتيجة لاصدامها مع قاعدة محيطية ثابتة شديدة الصلابة
مثل قاعدة المحيط الهادي . وكان التوزيع الذي حدث لهذه الكتل في
ذلك الزمن هو الأساس الذي توزعت به بعض الكتل القارات الحالية حيث أن
كل كتلة من هذه الكتل أصبحت نسوة تجهمت حولها الرواسب
البحرية وأكثرت منها بمرور الزمن طبقات عظيمة السمك ، كما تراكت
فوقها كثير من الرواسب القارية والطفوح البركانية ، ثم أخذت عوامل
التجوية وعوامل التعرية المختلفة تفتت تكويناتها وتعيد توزيعها بأشكال
مختلفة ، كما أدت الحركات الأرضية المختلفة إلى انتفاء طبقاتها الصخرية

وخصوصا طبقات الصخور الجيرية السميكة التي تراكمت على أطرافها وفي البحار المجاورة لها فتكونت منها نطاقات عظيمة من الجبال الانثنائية . وهكذا ازدادت هذه الكتل تمجرا واتساعا وانصلت الكتل المتجاورة بعضها ببعض وتكونت نتيجة لكل هذه التطورات كتل القارات الحالية .

وكانت الكتل القارية الأصلية التي انصلت من جندوانا لاند ولوراسيا مكونة من صخور بلورية قديمة شديدة الصلابة معظمها صخور نارية ومحمولة ترجع إلى الزمن الأركي (ما قبل الكمبري) وبعضها مكون من صخور رسوبية شديدة الصلابة تنتمي إلى الزمن الأول . ونظرا لشدة صلابتها وقوة مقاومتها للضغط فقد أطلق عليها الجيولوجيون اسم الدروع Shields ، أو الكتل الصلبة ، وأمكنهم تحديد مناطقها في القارات الحالية على الرغم من أن معظمها يخفى حاليا تحت تكوينات سميكة من صخور متباينة ترجع إلى عصر جيولوجية مختلفة وأنها محاطة بطبقات سميكة من الصخور الجيرية التي انثنت في مسور لاحقة وتكونت منها سلاسل الجبال الانثنائية التي تمتد في نطاقات عظيمة حول هذه المناطق

وأم الدروع (أو الأرضة) التي بنيت حولها القارات الحالية هي :
أولا - في أوراسيا ،

١ - الرصيف (أو الدرع) الباميري ، ويشغل معظم سيبيريا ويحده من الغرب جبال أورال ومن الشرق جبال فرغوبانستان ومن الجنوب نطاقات الجبال الاشائية الواقعة جنوب بحيرة بيكال .

٢ - الرصيف الروسي ، وهو يشغل قسما كبيرا من روسيا بين جبال أورال في الشرق وحوض البحر الأبيض في الغرب وجبال القوقاز والكربات في الجنوب حتى المحيط المتجمد الشمالي في الشمال .

٣ - الدرع البلطى (أو الدرع الفنلندى الاسكندىالى) ، وهو مشغل معظم فنلندة والسويد حيث يخفى تحت طبقات سميككة من الصخور الرسوبية ، ويمتد جزء منه إلى غرب روسيا حيث تبدو صخوره في معظم الأماكن ظاهرة على السطح .

٤ - الرصيف الصوفى ، ويشغل مناطق واسعة في شمال الدين ووسطها وشرقها ، وتخفى صخوره في أغلب الأماكن تحت تكوينات رسوبية سميككة ، ويمتد هذا الرصيف جنوبا ليشغل كذلك منطقة كبيرة من المند الصيلية .

٥ - هضبة الدكن ، وقد كانت جزءا من قارة جندوانا القديمة ، وهي كتلة محددة تحديدا واضحا بواسطة البحار الجاورة ، وتصلها سرول الكنج والسند من جبال هيلالا الحديثة في الشمال .

٦ - الدرع العربى ، ويشغل نطاقا عظيمًا في شرق شبه الجزيرة العربية وشمالها ووسطها ، وقد كان هو الآخر جزءا من قارة جندوانا القديمة .

ثانيا - في إفريقيا :

باستثناء جبال أطلس الانتائية الحديثة في شمال غرب إفريقيا ، فإن هذه القارة في جملتها عبارة من كتلة صلبة قديمة ، يتكون أساسها من صخور بلورية أركية تكسوها في الغالب تكوينات صخرية حديثة لسيا . ولكنها تظهر على السطح في بعض المناطق خصوصا في نطاق الهضاب الوسطى للقارة . والمعروف أن هذه القارة تمثل القسم الرئيسى من قارة جندوانا . وهي تمثل (باستثناء جبال أطلس) هضبة ضخمة واحدة يطلن عليها بعض الجيولوجيين تعبير الهضبة الإفريقية The African Tableland . وقد تعرضت هذه الكتلة خلال العمور الجيولوجية المختلفة للتهدب في بعض أجزائها خصوصا في

الوسط حيث برزته القائمة الصغيرة القديمة بشكل مضطرب من أهمها المضطرب
المهبطية بحوض الكنفور ، كما تعرضت خلال الزمن الجيولوجي الثالث لبعض
حركات التمدد فثقات بعد ذلك بعض الأخاديد المدعية الكبيرة مثل
الأخدود (أو الوادي) المسمى العظيم Great Rift Valley الذي يمتد من
الجنوب إلى الشمال في شرق إفريقيا ، ويواصل امتداده على طول البحر الأحمر
وغايج المقبة ونهر الأردن حتى جنوب سوريا

ثالثا - في الأمريكتين وجرينلاند :

١ - الدرع الكندي (أو اللورنسي) ، وهو يشمل معظم كندا والجزر
الواقعة إلى الشمال منها ، كما يمتد في معظم شمال الولايات المتحدة وشرقها
ووسطها حيث تمتد تحت التكوينات الرسوبية السبكة للسهول الوسطى
وينتهي من ناحية الغرب عند بداية سلاسل جبال روكي ، وقد كان هذا الدرع
هو الدواة الرئيسية التي بليت حولها أمريكا الشمالية .

وتعتبر جرينلاند كتلة صلبة قديمة كذلك . ويمكن اعتبارها امتدادا
للدرع الكندي .

٢ - كتلة البرازيل وجيانا ، وهي أحد أجزاء قارة جندوانا القديمة ،
ونواصل التكوينات القديمة لهذه المنطقة امتدادها تحت الصخور الرسوبية
السهبية في حوض الأزون حتى قاعدة جبال الإنديز في الغرب ، وهي تعتبر
النواة الأساسية التي بليت حولها أمريكا الجنوبية .

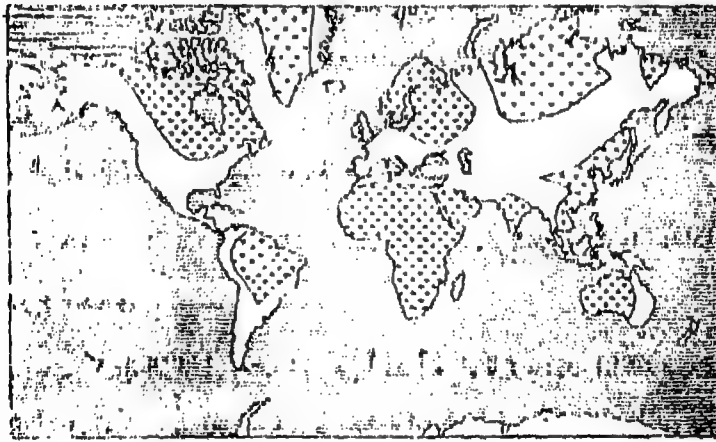
رابعا - كتلة استراليا :

وهي إحدى الأجزاء التي انفصلت عن قارة جندوانا ، وتشغل في الوقت
الحاضر معظم المنطقة الغربية والسهول الوسطى للقارة ، ولكنها تغطت ،

ونخذه وصاح في السهول الوسطى ، بطبقات رسوبية ضخمة تنتمي إلى مصور جيولوجية أحدث ، أما صخورها الأصلية فهي مصور نارية وماحولة قديمة تنتمي إلى زمن ما قبل الكمبري .

ثامسا - الكتلة اللطيفية الجنوبية (انفاركتيكا) :

وهي الجزء الذي تغلف من قارة جندوانا وبقي عند القطب الجنوبي بعد أن زحفت بقية القارة نحو الشمال مع حركة الزحف العامة . وتفتق هذه الكتلة في الوقت الحاضر تحت طبقات جليدية عظيمة السمك .



شكل (٥١) الكتلة الأصلية القديمة

الفصل الثامن

البحار والمحيطات الحالية

(فقرة عامة)

مفهوم البحر والمحيط :

إن لفظة « البحار Seas » يستخدم عادة بمصنف العام ليشمل كل البحار والمحيطات التي تغطي سطح الكرة الأرضية . ومع ذلك فإن اللمة رافيين يستخدمون كلمة « بحر » في معظم الدراسات الانليجية للدلالة على مناطق بحرية خاصة لمصلحة مباشرة باليابس . وعلى الرغم من أن أغلب البحار ليست إلا أجزاء من المحيطات أو فروعا منها فإنها تتميز ببعض الصفات التي تجعل لها شخصيات مميزة عن المحيطات الملائمة لها . وأهم هذه الصفات هي (١) أن تكون غالبا عمدة بواسطة اليابس من أكثر من جهة واحدة أو تكون مقسمة بواسطة أرخبيل من الجزر (٢) أنها قليلة العمق نسبيا حتى أن أغلبها لا يزيد عمقه عن ١٠٠٠ متر بل أن بعضها لا يزيد عمقه عن ٢٠٠ متر ، مثل البحر اللباني وبحر الشمال وغيرهما من البحار التي تقع بأكثرها فوق الرف القاري وهو المنطقة الضحلة المجاورة لليابس (وسنعود للكلام عليه بعد قليل) (٣) أن مياهها قد تختلف من بعض الوجوه مثل درجة الحرارة ودرجة الملوحة من مياه المحيط على حسب درجة تأثرها باليابس المحيط بها ، ودرجة التبخر من مياهها وكثرة ما ينصب فيها من مياه الأمطار التي تسقط فوقها مباشرة أو التي تنصرف إليها بواسطة الأنهار التي تنصب فيها ، فالبحر الأحمر مثلا مياهه أشد ملوحة نسبيا من المحيطات لأنه بحر شبه مغلق ولأنه يقع وسط إقليم صحراوي حار ولا ينصب فيه مياه عذبة تستحق الذكر ، سواء بواسطة الأنهار أو الأمطار المباشرة ، أما البحر اللباني فهو من ناحية أخرى أقل ملوحة نسبيا

يسبب وقوعه في القليح بارده ، وكثرة الأمطار التي تسقط عليه ، والانهيار التي تصب فيه .

وتتباين البحار (بمعناها الضيق) فيما بينها بما ينشأ في مساحاتها وأشكالها ومواقعها وأحجامها ومقدار ارتباطها باليابس المجاور لها ، ودرجة ملوحة مياهها وحركات هذه المياه بل وفي نشأتها الأولى ، والكل ذلك فإنه ليس من السهل أن يوضع لها تقسيم شامل توافي فيه كل هذه التواحي . وكل ما يمكننا عمله هو أن نحدد الناحية التي نريد دراستها ونستخدمها أداة للتقسيم . وعلى ذلك فإن بعض الجغرافيين يسمونها مثلاً على أساس صلتها باليابس أو بالمحيط إلى ثلاثة أنواع هي :

١ - البحار الهامشية Marginal Seas : وهي البحار التي توجد على أطراف المحيطات وتكون متصلة بها اتصالاً واضحاً من طريق فتحات واسعة ، ومن أمثلتها بحر الصين الشرقي وبحر اليابان وبحر أندامان وبحر الشمال والبحر الأيرلندي والبحر الكاريبي وبحر بيرنج والبحر المتجمد الشمالي . ولا تختلف المياه في هذه البحار اختلافاً كبيراً عن مياه المحيطات الأصلية .

٢ - البحار المتوسطة Mediterranean Seas ، وهي البحار التي تغوص في قلب اليابس ولا اتصالها بالمحيطات (أو بالبحار الأخرى) إلا مضائق صغيرة ، ولذلك فإنها تتأثر تأثراً واضحاً باليابس المحيط بها ، سواء من حيث طبيعة مياهها وحركاتها أو من حيث الظروف المناخية السائدة فيها ، وقد يؤدي هذا التأثير إلى وجود كثير من الاختلافات بين بعضها وبعض ، أو بينها وبين المحيطات المتصلة بها . وتختلف هذه الاختلافات على ظروف اليابس المحيط بها من ناحية وعلى مقدار صلتها بالمحيطات من ناحية أخرى . ولذلك فإن كلا منها له ظروفه الخاصة به من حيث ملوحة مياهه ودرجة حرارتها وحركاتها ، وأحواله المناخية ، بل ونوع الحياة الحيوانية التي تسود فيه . وأم هذه البحار هي : البحر الأبيض

الوسط والبحر الأسود والبحر الأحمر والبحر البلطى والبحر الأبيض الرومى وبعض الماريمان الكبيرة مثل المايج العربى والمايج المكسيكى والمليج هدىسن .

٣- البحار الداخلية : *Inland Seas* : ومن البحار التى توجد بأكلها فى قلب اليابس ولا تربطها بالمحيطات أو البحار المائشية أو البحار المتوسطة أية صلة ظاهرة ، وقد تكون بعضها فى أحواض أرضية كبيرة ملائمتها المياه التى تنحدر إليها من اليابس المحيط بها ، سواء فى ذلك المياه الجارية التى تنحدر على السطح أو التى تنسرب فى طبقات القشرة الأرضية ، وقد اكتسبت بلوحتها من الأملاح تذويبها المياه التى تنحدر إليها من طبقات القشرة ، وقد تزايدت نسبة الملوحة بها بالتدريج بسبب التبخر المستمر من سطحها وعدم انصراف مياهها إلى الخارج . وبعض هذه البحار تتخاف من بحار جيولوجية قديمة استحدثت بمرور الزمن بفعل الحركات الأرضية والإرساب وحلت محلها فى بعض المناطق سلاسل كبيرة من الجبال الانشائية . والبحار الداخلية قليلة العدد ، وتوجد كلها تقريباً فى آسيا حيث تشمل بحر قزوين وبحر آرال والبحر الميت . ويفضل كثير من الكتّاب فى الوقت الحاضر أن يدخلوا هذه البحار ضمن البحيرات .

سيادة البحار والمحيطات على سطح الأرض :

يهدف بعض الباحثين الكرة الأرضية بأنها هى "كوكب المياه" ، وذلك لضخامة الغلاف المائى (الهيدروسفير Hydrosphere) الذى يكوها ، ويتكون هذا الغلاف بصفة أساسية من مياه البحار والمحيطات ، فهى تكون وحدها حوالى ٨٦.٥ ٪ من حجمه . وتليها المياه الأرضية التى تتجمع فى طبقات الصخور ، وهى تسام بنحو ١.٢٢ ٪ من حجمه . أما الباقى وقدره ١.٣ ٪ فيكون أغلبه من المياه المتجمدة التى تكسو المناطق القطبية وبعض قمم الجبال المرتفعة فى العروض المنخفضة ، بينما لا تمثل مياه الأنهار والبحيرات والمياه العالقة

بالبحر (بشكل إشار أو سحب في أى وقت من الأوقات إلا نسباً ضئيلة جداً من هذا الغلاف كما يوضح من الجدول الآتى :

جدول (٣) تركيب الغلاف المائى (١)

مياه البحار والمحيطات	٨٦٥ /	مياه الأنهار والبحيرات	٠.٣ /
المياه الأرضية	١٢٢ /	مياه الغلاف الجوى	٠.٠١ /
الغطاءات الجليدية	١٣ /		

وتشغل البحار والمحيطات حوالى ٣٦١ مليون كيلو متر مربع وهو ما يعادل ٧٠.٨ / من المساحة الكلية لسطح الكرة الأرضية (وهو ٥١٠ مليون كيلو متر مربع) بينما يشغل اليابس حوالى ١٤٩ مليون كيلو متر مربع وهو ما يعادل ٢٩.٢ / من مساحة الكرة ، وترتفع نسبة الماء في نصف الكرة الجنوبي عنها في النصف الشمالى ، ففى النصف الجنوبي تشغل البحار ٧٥ / من مساحتها ، بينما تشغل ٦١ / فقط من مساحة النصف الشمالى وتنخفض هذه النسبة بصفة خاصة بين خطى عرض ٤٥° و ٧٠° شمالاً حيث نعدل إلى ٣٣ / ، وهذا هو النطاق المرضى الوحيد الذى تزيد فيه مساحة اليابس على مساحة الماء . أما أكبر اتساع للبحار على حساب اليابس فيوجد فى النطاق الممتد بين خطى عرض ٤٠° و ٦٥° فى نصف الكرة الجنوبي ، ففيه تحتل البحار ٨١ / من مساحته الكلية .

ويغض النظر من توزيع البحار بالنسبة لخطوط العرض فإن بعض الجغرافيين قد وجدوا أنه من الممكن تقسيم سطح الكرة الأرضية إلى نصفين أحدهما يضم معظم المياه ويطلق عليها اسم « النصف المائى » ، ويوجد مركزه عند جزر أنتيپودز Antipodes إلى الجنوب الشرقى من نيوزيلانده ، وفيه يوجد ٩٠.٥ / من مجموع مساحة الماء ، والثانى يضم معظم اليابس ويسمى

(١) Poldervaart, "Chemistry of the Earth's Crust" Geological

Soc. of America, Paper 62, 1955, P. 121.

« بالنصف القارى » و يوجد مركزه حول معصب نهر اللوار فى غرب فرنسا
وفيه يوجد ٨٣ ٪ من مجموع مساحة اليابس .

حدود المحيطات والملاصق العامة لكل منها :

لم تكن المحيطات مفصولة عن بعضها فعلا تاما فى أى عصر من العصور .
بل إنها كانت دائما متصلة ببعضها فى نطاقات كبيرة . وقد نتج عن ذلك أن
أصبح المنسوب العام لسطح مياهها واحدا فى كل مكان ، وهذا هو السبب
فى اختيار هذا المنسوب ليكون منسوب الصفر الذى يبدأ منه حساب كل
المرتفعات وكل المنخفضات ، كما أصبح تركيب مياهها واحدا فى كل المناطق
إلا فى بحار قليلة قد تكون لها ظروف خاصة

ومع أن كل محيط من المحيطات الثلاثة محدد تحديدا واضحا من نظم
الجهات بواسطة ارض يابسة فإن مياهه تختلط من ناحية أو أكثر بمياه المحيط
أو المحيطين المجاورين له على امتداد نطاقات طويلة . ويبدو ذلك واضحا بصفة
خاصة فى النطاق المعبور بين خطى عرض ٤٠° و ٦٥° فى نصف الكرة
الجنوبى . وفى هذا النطاق تستخدم خطوط الطول كحدود تقريبية بين
المحيطات . وعلى هذا الأساس فإن خط طول ١٥٠° شرقا يمكن أن يعتبر حدا
تقريبيا بين المحيطين الهندي والمحادى وأن يعتبر خط طول ٣٨° شرقا حدا بين
المحيطين الهندي والأطلسي وخط طول ٦٧° غربا حدا بين المحيطين
الأطلسي والمحادى .

والمحيط المحادى هو أكبر المحيطات مساحة وأشد ما عمقا على الإطلاق ،
فهو يشغل حوالى ٥١ ٪ من المساحة الكلية للمحيطات ، ويبلغ متوسط عمقه
حوالى ٣٩٤٠ مترا ، وهو أكبر من متوسط عمق المحيط الهندي بنحو ١٠٠ متر ،
ومن متوسط عمق المحيط الأطلسي بنحو ٦٣٠ مترا . والسبب فى أن متوسط
عمق المحيط الأطلسي أقل من متوسط عمق المحيطين الآخرين هو أن البحار
الهامة التى تتصل به أكثر نسبيا منها فيها ، ومن أهمها خليج المكسيك
والبحر الكاريبي وبحر الشمال والبحر البلطى ، فلو أننا أخرجنا منه هذه البحار

لما نقص عمقه كثيرا عن عمق المحيط الهندي . ويحتوى المحيط الهادى كذلك على أشد أنواع المحيطات عمقا ، وتوجد هذه البقاع فى الأخاديد البحرية الواقعة إلى الشرق من بجزر المالين ، وفيما أن يزيد العمق عن ١١ كيلومترا . ويوجد ويوجد الأخاديد العميقة بمحور أقواس من الجذور البيانية من العمقات التى يختص بها هذا المحيط . ويرجع ذلك إلى أن شرق آسيا والجذور المجاورة له قد تعرضت فى مسود جيولوجية حديثة للحركات الانشائية التى أدت إلى ظهور سلاسل جبالية مرتفعة تجاوزها للغات مقفرة شديدة العمق . وما زالت هذه المناطق تكون فى الوقت الحاضر جزءا من المناطق الضعيف الذى يحاصر المحيط الهادى من الشمال والشرق والغرب ، وهو المناطق الذى يشتهر باسم الحلقة النارية .

والبحر الأطلسى هو أطول المحيطات بين الشمال والجنوب ، وذلك لأنه مفتوح من هاتين الناحيتين بحيث يمكن اعتبار البحر المتجمد الشمال امتدادا له ، وهو على هذا الأساس يقعد من القطب الشمال حتى خط عرض ٧٠° جنوبا أى لمسافة ١٦٠ درجة عرضية . ويتميز هذا المحيط كذلك بكثرة مياه الأنهار التى تصب فيه من كل القارات المحيطة به .

أما المحيط الهندى فيتميز بأن القسم الأكبر منه موجود فى نصف الكرة الجنوبي وأنه هو أكثر المحيطات تأثرا باليابس بسبب وجوده بين ثلاث قارات ، فهو مقفل تقريبا من ناحية الشمال بواسطة كتلة آسيا الضخمة ، كما أنه مقفل تماما من ناحية الغرب حتى خط عرض ٣٥° جنوبا بواسطة كتلة إفريقيا ، أما من ناحية الشرق فإنه مقفل كذلك ، ولكن بدرجة أقل وضوحا منها فى الشمال والغرب ، بواسطة قارة استراليا والجزر التى تقع بينها وبين آسيا حتى خط عرض ٤٥° جنوبا . وإن التأثير القوي لليابس على هذا المحيط هو السبب فى أن نظام التيارات البحرية ونظام الرياح يتقلبان فى نصفه الشمالي انقلابا تاما بين الصيف والشتاء .

جدول (٣)

مساحات المحيطات ومتوسطات أعمالها (مع بحارها)

المحيط	المساحة بالكيلو-مترات المربعة	متوسط العمق بالأمتار
المحيط الهادي	١٨٠ مليون	٣٩٤٠
المحيط الأطلسي	١٠٦ »	٢٣١٠
المحيط الهندي	٧٥ »	٣٨٤٠
مجموع مساحة المحيطات	٣٦١ »	
» مساحة اليابس	١٤٩ »	
المجموع	٥١٠ »	(المساحة الكلية لمساح الكرة الأرضية)

تضاريس قاع المحيطات

إن قاع المحيطات ليس متساويا كما يعجب البناء بل إنه يتضمن كثيرا من المظاهر التضاريسية التي لا تختلف من لفظ لفظ للتألف لتأثير اليابس إلا في بعض أشكالها الخارجية وأنواع التكوينات الرسوبية التي تغطيها ، وذلك بسبب اختلاف العوامل التي تؤثر فيها . فبينما تخضع مظاهر التضاريس القارية باستمرار لتأثير العوامل المختلفة للهدم والبناء وهي العوامل التي تشتهر باسم هوامل التعرية ، بل وعوامل المد والجزر التي يقوم بها الإنسان نفسه فإن تضاريس قاع المحيطات لا تتأثر إلا بحركات المياه وملوحاتها ونوع الكائنات الحية والرواسب التي توجد فيها ، وأهم المظاهر التضاريسية التي يمكن تمييزها على قاع البحار والمحيطات هي :

١ - الرفوف القارية Continental Shelf .

٢ - المنحدرات القارية Continental Slopes .

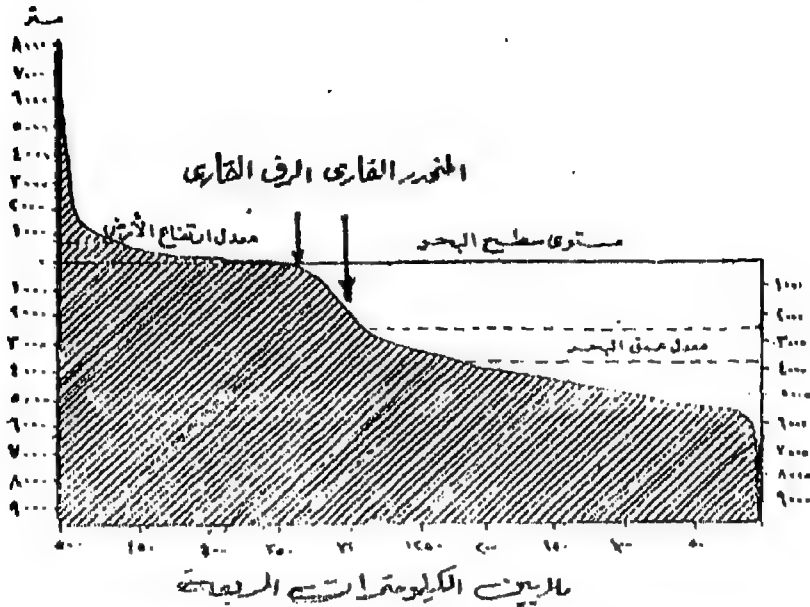
- ٣ - سلاسل الجبال المحيطية Oceanic Ridges .
 ٤ - الخروقات البركانية الغاطسة، واسمها الماس Guyots (وطلقها geo-ohs).
 ٥ - الأخاديد Trenches والأعماق Deep أو Troughs .
 ٦ - السهول العميقة Abyssal plains .

١ - الرفوف القارية Continental Shelves : (شكل ٥٢) هي مناطق الانتقال بين الرصيف القاري Continental Platform والرصيف البحري Marine Platform ^(١) ، وهي تشمل كل المناطق المنحطة المجاورة للياس مباشرة والتي لا يزيد عمقها على ٢٠٠ متر (١٩٠) قامة ^(٢) وهي تعتبر في الواقع امتداداً للياس لأنها أكثر ارتباطاً به من حيث التركيب الجيولوجي منها بقاع المحيط ، ولأنها لم تكن دائماً مقصورة بمياه البحر بل كانت تتحول له كثير من العصور إلى أرض يابسة إما بسبب انخفاض سطح البحار أو ارتفاع سطح الياس أو سببهما معاً . وفصلاً عن ذلك فإن الانتقال بينها وبين الياس يحدث بشكل تدريجي بينما يحدث الانتقال بينها وبين قاع المحيط بشكل سريع حتى أنه يكاد يكون فجائياً في كثير من المناطق ، ويطلق على المنحدر الذي يفصل بينهما اسم المنحدر القاري Continental Slope .

وتقدر المساحة الكلية للرفوف القارية في العالم بحوالي ٢٩ مليون كيلو متر مربع ، وهي تمتد حول كل كتل الياس تقريباً ، ولكن أنساعها يختلف اختلافاً كبيراً من مكان إلى آخر ، فهي في بعض المناطق تمتد إلى مئات الكيلومترات

(١) المقصود بالرصيف القاري هو كل يابسة والمقصود بالرصيف البحري هو كل البحار التي يزيد عمقها على ٢٠٠ متر . ومع ذلك فإن سبب الكتاب يستخدمون تعبير « الرصيف القاري » بنفس المعنى الذي يستخدم له تعبير « الرف القاري » . وهو استخدام لن نأخذ به هنا .

(٢) القامة تعادل ٦ أقدام (١.٨ متر) ، وهي الوحدة التقليدية لقياس الأعماق .



شكل (٥٢) الماعن الميسو و غرا الى لسطح الارض

نحو داخل البحر، كما هي الحال حول سواحل أوروبا. حتى أن البحار الملاحية لهذه القارة مثل البحر الباطلي وبحر الشمال والبحر الادرياتي تقع كلها على الرف القاري، كما تقع على هذا الرف أيضا كل للبحار الداخلية مثل البحر الأسود وبحر قزوين وتلتصق الرفوف القارية كذلك حول سواحل شرق الولايات المتحدة وحول جزر إندونيسيا وغيرها من الجزر الواقعة بين شمال استراليا وجنوب شرق آسيا. وقد ثبت أن جميع الرفوف للقارة المذكورة كانت في بعض المعصور الجيولوجية، وخصوصا في المعصور الجليدية التي تميد بها الزمن الجيولوجي الرابع (البليستوسين) أرضا يابسة، ففي تلك المعصور تحولت مقادير ضخمة من مياه البحار والمحيطات إلى طبقات سميكة من الجليد الذي غطي مساحات شاسعة في أوروبا وأمريكا الشمالية، وترتب على ذلك هبوط منسوب سطح البحر نحو الـ ١٥٠ متراً أو أكثر في بعض المعصور.

ولكن هناك في نفس الوقت مناطق كثيرة تضيق فيها الرفوف القارية بشكل ملحوظ حتى أنها تكاد تختفي في بعض هذه المناطق وهي تضيق بصفة خاصة بمحور السواحل التي نشأت نتيجة الحركات المكسارية مثل سواحل الكمال الصلبة القديمة مثل كتلة إفريقيا الزايل والهند أو نتيجة الحركات انضغاطية حديثة ، كما تدل على ذلك سلاسل الجبال المرتفعة التي تمتد على طولها ، وأهمها السواحل الغربية للأمريكتين وبعض سواحل شرق آسيا ، وشرق استراليا . ففي كل هذه المناطق تبدأ الأعماق السحيقة على مسافات قصيرة من الساحل .

وتتميز الرفوف القارية بكثرة الرواسب المتراكمة التي تتراكم على سطحها . وهي تتكون عادة من رواسب خشنة بحسب النشاط ثم تتناقص أحجامها كلما توغلتا إلى داخل البحر . والرفوف القارية هي غالباً أغنى مناطق البحار في ثرواتها المعدنية لأن الأسماك تنجأ إليها وتتكاثر فيها بسبب كثرة ما ينمو بها من الكائنات العضوية التي يتكون منها البلاكتون ، وذلك لأب أشعة الشمس تستطيع أن تنفذ فيها حتى القاع بقرية . وبغلا عن ذلك فإن بعض الرفوف القارية تحتوي على لرواق بقولية ومعدنية كبيرة ، كما أن بعض أجزائها الجاورة لليايس مباشرة يمكن تجفيفها واستعمالها للزراعة أو لأى أغراض أخرى . ولكل هذه الأسباب ولأسبابه أخسرى متعلقة بالدفاع والأمن فإن كل الدول التي لها شواطئ بحرية تحرص على أن تتميز للرفوف القارية الملاصق لها جزءاً من أملاكها أو مياهها الإقليمية . وقد عقدت بعض الاتفاقيات الدولية التي تهدف إلى تحديد مثل هذه المناطق وتنظيم المرور والملاحة فيها واستغلال ثرواتها حتى لا يحدث تصادم بين الدول التي لها مصالح مشتركة فيها . ومع ذلك فإن هذه الاتفاقيات لم تمنع حدوث كثير من المصادمات التي نشأت عادة عند استغلال مصائد الأسماك أو الثروات المعدنية .

٧ - المنحدرات القارية Continental Slopes :

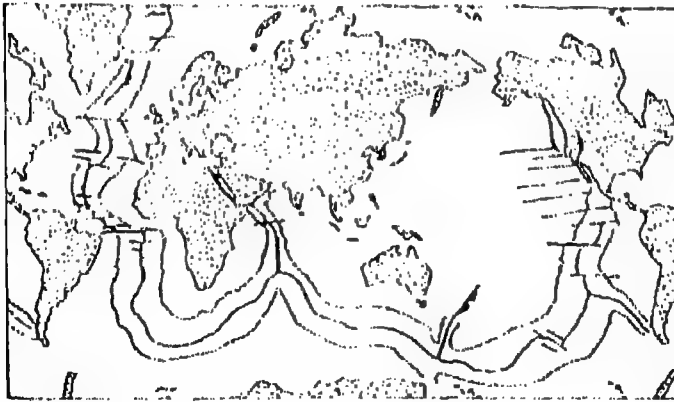
وهي المنحدرات الشديدة التي تلتقي عندها الرفوف القارية من ناحية البحر ، فهي تبدأ على هذا الأساس من خط عمق ٢٠٠ متر وتستمر في انحدارها الشديد حتى تصل إلى العمق السائد في أعالي البحر أو المحيط ، وهو عمق يتراوح في ٩٦٪ من البحار والمحيطات بين ٣٠٠٠ و ٦٠٠٠ متر . وتختلف المنحدرات القارية من الرفوف القارية في أن الرواسب المتكسكة التي تغطيها قليلة . وبأنها أقصر منها في كالتائها الحبة وثرواتها السمكية . وتقطع هذه المنحدرات في بعض الأماكن وديان عميقة عميقة بجوانبها شديدة الانحدار Submarine Canyons . وقد يواصل بعضها امتداده فوق الرف القاري . وقد كان يعتقد هو أن هذه الوديان كانت في الأصل وديانا نهرية ثم طفت عليها مياه البحر ، إلا أن بعض الباحثين يقولون الآن للاعتقاد بأن بعضها على الأقل قد نشأت في المنحدر القاري بواسطة تيارات السحب السفلية التي تصاحب الحركات المائية القوية ، حيث أن هذه التيارات تستطيع بفضل شدة انحدارها وكثرة ما تحملها من مواد صلبة أن تخفر قنوات عميقة في المنحدر القاري (١) . وأشهر واد عميق في الوقت الحاضر هو الوادي الممتد أمام مصب نهر هيدسن في ولاية نيويورك .

٣ - سلاسل الجبال المحيطية Oceanic Ridges :

وهي عبارة عن سلاسل جبالية تمتد تحت سطح الماء لمسافات طويلة ، وتضم كثيرا من المظاهر التضاريسية التي نعرفها على اليابس مثل القوديان والصدوح والهضاب والقمم البركانية . ويوجد من هذه السلاسل نطاق ضخم جدا يمتد في وسط المحيط الاطلسي من جزيرة أيسلندة في الشمال حتى القارة القطبية الجنوبية في الجنوب أي لمسافة ١٥ ألف كيلومتر تقريبا . ويبلغ عرض هذا

النطاق ما بين ١٥٠ و ٧٠٠ كيلومترا . وهو يضم المحيط الاطلسي الى سواضين كبيرتين أحدهما شرقي والآخر غربي ، ولا تقل السلاسل الجبلية المكونة له في ضخامتها عن كثير من سلاسل الجبال الكبرى على اليابس مثل جبال روكي ، ولكنها لا تظهر على سطح (إلا في منطقتين اثنتين هما منطقة جودز أوزورس في الشمال ومنطقة جودز أسانسيون في الجنوب ، حيث أن هذه الجزر عبارة عن القمم البارزة لبعض جبال هذا النطاق . وفيما عدا ذلك فإن كل السلاسل الجبلية تقريبا توجد على عمق يتراوح بين ١٥٠٠ و ٢٧٥٠ مترا تحت سطح الماء ، بينما يبلغ متوسط ارتفاعها فوق القاع حوالي ١٥٠٠ متر .

وليس النطاق الجبلي المذكور إلا قسما من نطاق أعظم منه يمتد في كل المحيطات ، فمن جنوب المحيط الاطلسي تواسل السلاسل الجبلية امتدادها في المحيط الهندي والمحيطات القطبية الجنوبية والمحيط الهادي (شكل ٥٣) ويبدو أن هذا النطاق يألفه أحد نطاقات التصدع الكبرى في



شكل (٥٣) نطاق الجبال المحيطية والمصدع التي تشاطعه

الخط المنعرج يمثل الحدود الحزامية لنطاق السلاسل الجبلية الدائمة ،
والخطوط المتعددة النقطية تمثل الوديان الانحدارية التي تتداخلها طوليا وعموديا .
(Strahler, 1968, P. 382)

قشرة الأرض . ولقد كان من نتائج حركات التصدع على طوله أن تكونت سلسلة متصلة من الوديان (أو الأخاديد) الصدعية التي تشقه طويلا على طول محوره الأوسط ، وذلك بالإضافة إلى كثير من الصدوع الصغيرة التي تقطع السلاسل الجبلية في اتجاه مستعرض (راجع شكل ٥٣) (١) .

٤ - المخروطات البركانية الغاطسة (أو الجياوز Guyots وتطلق Goo-Ols) (٢):

وهي عبارة عن مخروطات بركانية توجد لها على عمق كبير تحت ماء البحر . وهي تتميز بقممها المسطحة الواسعة التي تجعلها أشبه بالحضاب . ويبلغ قطرها عشرات الكيلومترات ، إلا أن بعضها يعتمد بقممه المستديرة . ويظهر هذا النوع الأخير مادة بشكل جبال مندرجة ، Seamounts وقد لوحظ أن السطح العلوي لكثير من الجياوز ملطخ بواسطة قنارات كثيرة . والغالب هو أن هذه المخروطات كانت ترتفع إلى السطح وأن تحت الموج هو الذي قضاها بهذه العودة قبل أن تهبط إلى الأعماق التي توجد فيها في الوقت الحاضر .

٥ - الأخاديد والأعماق المحيطية:

الأخاديد المحيطية Trenches عبارة من وديان طويلة شديدة العمق تقطع قاع المحيطات في أماكن مختلفة . أما الأعماق Deep (أو Troughs) فهي مناطق حوضية شديدة العمق في الأخاديد أو في أي موضع آخر . ويطلق تمييز Deep على الأعماق التي تزيد على ٥٥٠٠ متر تحت سطح البحر ولا تمثل الأخاديد والأعماق إلا نسبة ضئيلة جدا من قاع المحيطات ، وعلى الرغم من أن أسباب نشأتها غير معروفة بالضبط فالغالب هو أنها تكونت بسبب

A. N. Strahler, "Physical Geography" 2nd ed. 1968, P. 381 (١)

S. N. Namowitz, Ibid., P. 247.

(٢)

الحركات التكتونية ، ولذلك فإنها توجد غالباً في المناطق التي تأثرت بهذه الحركات، ومن أهمها الحركات الانتناية الكبرى التي حدثت في شرق آسيا وبحر المحيط الهادئ ، والتي أدت إلى ظهور أقواس الجزر الجبلية التي تمتد من بونغاز بهرنج في الشمال حتى الجزر الأندونيسية في الجنوب، فجزر هذه الأقواس توجد أشد الأضداد البحرية عمقا في المحيطات ، ومنها أخدود الفلبين الذي يمتد إلى الشرق من هذه الجزر ، والذي يصل العمق في أحد أجزائه وهو عمق سوايار Swire Deep إلى ٨٦٠-٩٠٠ مترا . وهو أكبر عمق في كل المحيطات . ويكاد العمق يصل إلى نفس هذا الحد تقريبا في أخدود آخر في الشمال هو أخدود كوريل - كوششوكا . ومن أهم الأضداد الأخرى في نفس المحيط الأخدود الواقع إلى الشرق من جزر اليابان والأخدود الذي يمتد بشكل قوس كبير حول نطاق الجزر الممتدة إلى الجنوب من اليابان ومنها جزر إوين في الشمال وجزر جوام في الجنوب .

أما في المحيط الأطلسي فتوجد معظم الأضداد في وسط المحيط حيث يمتد أغلبها في وسط لانتان الجبلي ويسير معه في نفس الاتجاه ، بينما يقطع عدد كبير منها في اتجاه متعاكس على امتداده . أما أعمق أجزاء هذا المحيط فتوجد في أخدود بور توريكو الواقع إلى الشرق من جزر بور توريكو ، في غرب المحيط ، وفيه يصل العمق إلى ٩٢٢٥ مترا .

والاعتدال هو أن يكون الانتقال سريعا جدا بين أعالي الجبال التي تشغل أقواس الجزر وقاع الأضداد المجاورة لها بحيث يحدث الانتقال من أعلى الجبال إلى أعماق أجزاء المحيط في مسافات وجيزة .

٦ - السهول العميقة Abyssal Plains :

ينض النظر عن المظاهر التضاريسية السابقة (وكما هي الحال على سطح

اليابس) فإن مساحات شاسعة من قاع المحيطات عبارة عن سهول تتميز باستواء سطحها تقريبا . وربما يكون بعض هذه السهول قد تكون نتيجة للإرساب المسعمر للرواد الناعمة على طول ملايين السنين وإنتشارها على مساحات واسعة من الداع وتغطيتها للمظاهر التضاريسية الأخرى . ومثال ذلك السهل الواسع الذى يتكون منه مساحة واسعة من قاع المحيط الأطلسمى الشمالى ، والذى يوجد على عمق حوالى ٥٥٠٠ متر تحت سطح البحر . ومع ذلك فهبرز على سطحه بعض الجبال المنزلة Seamounts التى ربما كانت عبارة عن مخروطات بركانية قديمة (١) . ويوجد إلى الشمال من أخدود بور نورىكو سهل عميق من هذا النوع يعرف باسم سهل نيمز العميق Nares Abyssal Plain .

طبيعته مياه البحار

(درجة حرارتها وملوحتها)

المملوحة :

تحتوى مياه البحار على مجموعة من الأملاح المختلفة التى توجد مادة بلسب ثابتة تقريبا فى مياه كل المحيطات الكبرى ، ولكنها قد تختلف نوعا ما فى البحار المتوسطة والبحار الداخلية على حسب ظروف كل منها ، كما سبق أن أوضحناه . وتحسب درجة الملوحة عادة بمقدار وزن الأملاح التى توجد فى كل ١٠٠٠ جرام (كيلو جرام واحد) من الماء محسوبا بالجرامات . وقد حسب متوسط درجة الملوحة فى البحار والمحيطات فوجد أنه يتراوح فى معظمها بين ٣٣ و ٣٧ فى الألف . ومع ذلك فإن هذه النسبة تزيد على ذلك فى بعض البحار المدارية التى يكثر التبخر من سطحها ولا تعمل إليها مياه عذبة تكن الاوبىض هذا التبخر مثل البحر الأحمر الذى تصل درجة ملوحتها مياهه إلى ٤١ فى الألف . وكلما

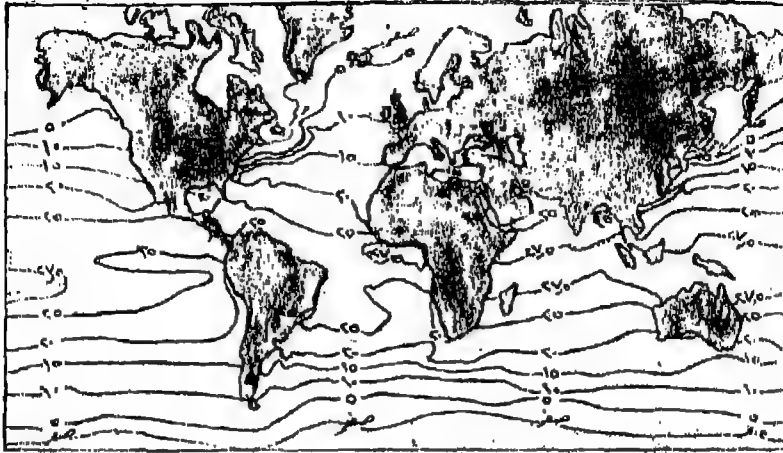
زادت درجة ملوحة المياه زادت كثافتها . وأشد مياه البحار في العالم ملوحة هي مياه البحر الميت ، وتبلغ درجة ملوحته حوالي ٢٧٥ في الألف ، ولهذا السبب فإن كثافتها مرتفعة بدرجة تجعل من الصعب على معظم الاجسام الحية أن تنفوس فيها . وبغلا عن ذلك فإن ارتفاع درجة ملوحة المياه يؤدي إلى انخفاض درجة تجمدها . ولذلك فإن مثل هذه المياه قد تظل سائلة في درجات أقل من درجة الصفر المئوي .

وأم الأملاح التي توجد في مياه البحار هي كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) ، في المياه التي تبلغ درجة ملوحته ٣٥ في الألف مثلا يوجد حوالي ٢٧٠٢ جراما من كلوريد الصوديوم و ٣٠٨ جراما من كلوريد المغنيسيوم و ١٥٢٦ من سلفات المغنيسيوم و ١٠٢٦ من سلفات الكالسيوم و ٠٠٨٦ من سلفات البوتاسيوم ، وحوال ٠٠١٢ من كربونات الكالسيوم وأقل من ٠٠١ من الجرام من بروميد المغنيسيوم ، وذلك في كل كيلو جرام من الماء .

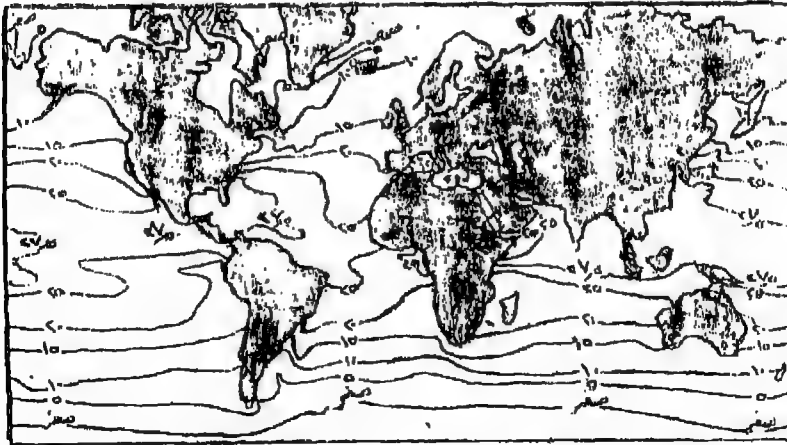
* درجة حرارة مياهها :

تتميز المياه عموما بأن درجة حرارتها لا تتغير بالسرعة التي تتغير بها درجة حرارة الاجسام الصلبة ، فهي عبارة أخرى تستغن ببطء وتبرد ببطء ، وهذه حقيقة علمية معروفة . وسببها هو أن الحرارة النوعية للماء مرتفعة نسبيا (١) . وهذا معناه أن الماء يحتاج مادة إلى كمية من الحرارة أكبر من الكمية التي يحتاج إليها حجم مساو له من الياس لكي ترتفع درجة حرارة كل منها بنفس النسبة ، ومعناه أيضا أن البحار تستطيع أن تمتص كميات كبيرة من الحرارة دون أن ترتفع درجة حرارتها ارتفاعا كبيرا ، كما أنهم يستطيعون أن تفقد كميات منها

(١) الحرارة النوعية هي الحرارة التي تلزم لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة .



شكل (٥٤) معدلات درجة حرارة سطح مياه البحار في شهر أغسطس



شكل (٥٨) معدلات درجة حرارة سطح مياه البحار في شهر فبراير

كذلك دون أن تنخفض درجة حرارتها انخفاضاً كبيراً كذلك . ولهذا السبب نجد أن الفروق الحرارية الكبيرة التي تظهر على اليابس لا يوجد لها نظير في البحار، فبينما ترتفع درجة الحرارة في بعض أيام الصيف في الصحارى المدارية إلى 50° مئوية وتنخفض في بعض أيام الشتاء في بعض الأصقاع القارية الباردة من سيبيريا إلى -70° مئوية فإن مياه البحار يندر أن ترتفع درجة حرارتها عن 30° م أو تنخفض عن -2° م .

ونظراً لأن مياه البحار في حركة مستمرة لأن الحرارة التي توصلها من أشعة الشمس لا يقتصرون تأثيرها على المياه السطحية في منطقة امتصاصها وحدها بل لأن هذه الحرارة تختلط بطبقة عميقة من المياه ، كما أنها تنتقل من مناطق امتصاصها إلى مناطق أخرى بعيدة عنها بمئات الكيلو مترات بواسطة التيارات البحرية . ولكن يلاحظ أن هذه الحرارة لا تصل غالباً إلى الأعماق الكبيرة التي لا تتأثر بحركات المياه ، وخصوصاً في الأحصاني السحيقة من المحيطات الكبرى ، ولذلك فإن مياه هذه الأعماق تكون دائماً باردة ، وتزداد درجة حرارتها غالباً بين درجتين وأربع درجات مئوية ، وفضلاً عن ذلك فإن الحرارة التي يكتسبها سطح البحر في العروض الحارة لا يقتصرون تأثيرها على مياه هذه العروض أو على مناخ سواحلها وإنما تنقل بعض حرارتها بواسطة التيارات البحرية المعروفة إلى المناطق التي تمر بها والتي قد يبعد بعضها عن المناطق التي اكتسبت فيها الحرارة بآلاف الكيلو مترات .

والخلاصة أن مياه البحار تلعب دوراً مهماً في تنظيم الحرارة وفي تلطيف الجو ، كما أنها تساعد على نقل الحرارة من مكان إلى آخر على طول السواحل ، فتساعد بذلك على تدفئة بعض سواحل الأقاليم الباردة وعلى تلطيف حرارة سواحل بعض الأقاليم الحارة .

الفصل التاسع

حركات مياه البحار والمحيطات

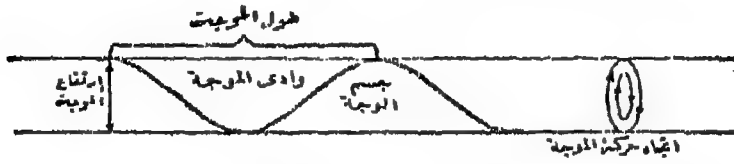
(الأمواج - المد والجزر - التيارات البحرية)

أولاً - الأمواج WAVES

الأمواج هي حركات رأسية تنتقل بها جزيئات الماء إلى أعلى وإلى أسفل بشكل متوافق . وهي تلبان في أحجامها وفي شدتها تبايناً كبيراً على حسب قوة العوامل التي تسببها وحجم المياه التي تحدث فيها ، فهي تزداد بين التمزجات البسيطة التي تسببها حركة الهواء فوق سطح المياه المأدلة أو التي يسببها سقوط جسم صلب في هذه المياه إلى الأمواج العاتية التي ترتفع إلى عدة أمتار وتؤدي أحياناً إلى غرق السفن بل وإلى غرق بعض البلاد الساحلية . ولكل موجة من الموجات سرعة انتشار معينة وسرعة تردد معينة كذلك ، كما أن لكل موجة طول معين وارتفاع معين كذلك . والمقصود بطول الموجة هو المسافة بين قمتي أو بين قاعتي موجتين متجاورتين ، أما المقصود بارتفاعها فهو المسافة بين قمتها وقاعها . وكثيراً ما تختلط أو تتداخل أنواع متباينة الأحجام من الأمواج في نفس المنطقة فتعطي سطح البحر مظهراً معقداً ، ويحدث هذا عادة إذا تراكمت الموجات القادمة من اتجاهات مختلفة .

وهناك نوعان من الأمواج أحدهما ينشأ في البحار والمحيطات بعيداً عن الشاطئ ، وسببه هو هبوب الرياح من اتجاه واحد مما يؤدي إلى اهتزاز المياه في حركة رأسية ، ويطلق على هذا النوع اسم « الموجات الاهتزازية » Waves of Oscillation ، أما النوع الثاني فيكون بالقرب من الشاطئ . ويطلق عليه اسم « موجات الانزطام Waves of Translation » وهي في الأصل

موجات اهتزازية ولكنها تنكسر عندما تدخل المياه الشاطئية المنطقة الضحلة وترتطم بالشاطئ . ويتوقف حجم الموجات الاهتزازية وسرعة ترددها على سرعة الرياح من جهة واتساع المسطحات المائية التي تتكون فيها من جهة أخرى ، فبينما قد يصل طول الموجة في المحيط إلى ١٦٠ متراً ويصل ارتفاعها إلى ١٠ أمتار فإن طولها في البحار المغلقة أو شبه المغلقة مثل البحر المتوسط لا يزيد عن خمسين متراً ولا يزيد ارتفاعها عن ستة أمتار .



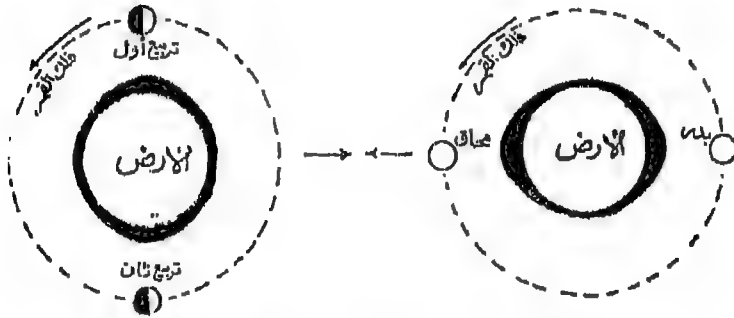
شكل (٥٦) حركة الأمواج

ويمكن أن ندخل في الأمواج كذلك موجات التسونامي 'Tsunamis' التي تنشأ بسبب حدوث الزلازل تحت قاع البحر أو بالقرب منه ، وهي موجات مائية يزيد ارتفاعها على عشرين متراً ، وقد يترتب عليها غرق بعض البلاد الساحلية وحدوث خسائر مادية وبشرية جسيمة .

والأمواج عموماً أهمية جغرافية واضحة بسبب تدخلها القوي في تشكيل السواحل ولحتم صغرورها وتوزيع المواد الرسوبية المختلفة على طولها ، أو إحماها إلى داخل البحر . وهي العامل الرئيسي في نشأة كثير من المظاهر الجيومورفولوجية الساحلية مثل الكهوف الشاطئية والمسلات البحرية والافوااس البحرية وغيرها .

ثانياً — المد والجزر TIDES

المد High Tide والجزر Low Tide هما حركتا ارتفاع وانخفاض مياه البحر أمام معظم سواحل البحار والمحيطات يتناوب يومياً منتظماً يتكرر فيه كل منها مرتين . ولكن على الرغم من أن الفترات التي تفصل بين المد والجزر الذي يليه ، أو بين اللذين أو الجزرين اللذين يحدثان خلال اليوم الواحد تكون واحدة تقريباً من يوم إلى آخر فإن أوقات حدوثها تتأخر يوماً بعد يوم دقيقة خلال الشهر العربي ، وهي نفس المدة التي يتأخر بها ظهور القمر كل ليلة منذ مولده في أول الشهر حتى اختفائه في آخره .



شكل (٤٢) المد High Tide والجزر Low Tide

السهمان اللذان في وسط الشكل يدلان على اتجاه جاذبية الشمس

١ — بجاذبية القمر ، وهي أهم العوامل على الإطلاق . وقد اكتشفها العلماء منذ زمن بعيد، واستطاعوا فعلاً أن يلاحظوا العلاقة القوية بين حدوث المد والجزر وبين تغير أوج القمر . وقد أثبتت الدراسات الحديثة أن هذه العلاقة موجودة بالفعل وأن جاذبية القمر هي المسؤولة أولاً عن حدوث هذه الظاهرة ، ولكنها أثبتت كذلك أن هناك عوامل أخرى مساعدة تتحكم في توقيت حدوثها وفي تحديد مدى ارتفاع المد أو هبوط الجزر على طول أيام الشهر العربي . وأهم هذه العوامل المساعدة هي الآتية :

٢ - جاذبية الشمس ، ولكن تأثيرها أضعف بكثير من تأثير جاذبية القمر بسبب البعد الشاسع بين الأرض والشمس ، ولا يظهر هذا التأثير بوضوح إلا عندما تكون الشمس والأرض والقمر واقعة في مسعوى واحد ، عندئذ تتعاون الجاذبية الشمسية مع جاذبية القمر على زيادة ارتفاع المد وزيادة انخفاض الجزر لأن اتجاه الجاذبيتين يكون واحداً ، ويحدث هذا مرتين في الشهر المروري إحداهما في منتصفه والثانية في آخره ، أي عندما يكون القمر بديراً أو عماقاً وعندئذ يصل المد إلى أعلى مستوى له وينخفض الجزر إلى أدنى مستوى له . ويطاق عليها في هذه الحالة اسم المد أو الجور الرئيسي Spring Tide أما عندما يكون القمر تربيعاً فإن اتجاه جاذبية الشمس يكون عمودياً على اتجاه جاذبية القمر فيضعف تأثيره ويكون المد والجزر عندئذ ضعيفين . ويطاق عليها في الحالة تسمى « المد أو الجزر الخافى Neap Tide » شكل (٥٧) .

٣ - دوران القمر حول الأرض ، وهذا العامل هو المسئول عن تأخر ميعاد حدوث المد والجزر بنحو ٥٢ دقيقة كل يوم عن اليوم السابق له ، فلو تعدونا أن البحار تحيط بالكرة الأرضية إحاطة تامة ، وأن القمر ثابت في موضع واحد أن ذلك سيؤدي إلى حدوث موجتين متساويتين من المد العالي على المكان الواحد بينهما ١٢ ساعة وهي المدة اللازمة لانتقال أي نقطة من الجانب المواجه للقمر إلى الجانب المقابل له ، ولكن بما أن القمر يدور حول الأرض مرة كل ٢٩ يوماً مروره على النقطة الواحدة يتأخر ٥٢ دقيقة يومياً :

٤ - قوة الطرد المركزية لدوران الأرض ، حيث أنها تساعد على ارتفاع المد .
٥ - توزيع الماء واليابس وتحرك المياه ، وهذا العامل هو المسئول عن اختلاف مدي المد والجزر من مكان إلى آخر على سطح الأرض ، فلو كانت البحار تحيط بالأرض إحاطة تامة لكان من الممكن تحديد ارتفاع المد ومدته في

أى نقطة على سطحها بسهولة على أساس قوة جذب القمر وقوة الطرد المركزي
للبزرىض ، ولكن نظراً لأن البحار تختلط باليابس ولأن دوامها دائمة الحركة
فإن ارتفاع المد يختلف من بحر إلى آخر ويحتاج حسابه إلى بعض العمليات
المقدمة نرياً ما فى بعض الأماكن يصل ارتفاع المد إلى حوالى ١٩ متراً
فيها بل من ذلك كثيراً أو يطنق في بعضها الآخر ، ومن الأماكن التي تشتهر
بارتفاع المد فيها نذكر على سبيل المثال خليج فوندي Bay of Fundy في
شبه جزيرة نوفاسكوشيا بكندا وافته يبلغ ارتفاع المد ١٩٦ متراً ومصعب
نهر سوهيرن Severn بالمجلترا وفيه يبلغ ١٦٠٨ متراً ، وساحل سهران فيل
Grund Villa في شمال فرنسا وفيه يبلغ ١٦٠١ متراً . ويلاحظ عموماً أن
ارتفاع المد يكون كبيراً بصفة خاصة في مداخل الأنهار . مثل سيلهين في
انجلترا ، فعندها يرتفع المد إلى درجة كبيرة يسببها تقابل المياه المقدمة من
البحر مع المياه القادمة من النهر ، ويعتبر البحر المتوسط من ناحية أخرى من
أقل البحار تأثراً بالمد حيث لا يكاد يرتفع المد فيه عن ٤٠ سم من المتر في المتوسط
ولقد كان ذلك من أهم العوامل التي ساعدت كثيراً من الأنهار التي تصب في هذا
البحر مثل نهر النيل ونهر الرون ونهر البو على تكوين دلتا لها .

ويعتبر المد والجزر من العوامل التي لمسها علامة بتوزيع الرواسب
والكائنات الحية الدقيقة والبلانكتون (١) على طول السواحل التي تتأثر بها
كما أن لها علاقة كبيرة بنظام حياة الأسماك وحركتها ، ومن الواضح أنها
تؤثر كذلك على نظام الحركة في الموانئ التي تعرض لها ، ولذلك فأنه
يخطط هذه الموانئ وتوزيع منشآتها تراعى فيه دائماً الآثار الناجمة عن
حركات المد والجزر .

(١) البلاكتون هو المواد العضوية التي تتلدى عليها الأسماك .

وأخيراً يلاحظ أنه على الرغم من أن حركة المد والجزر في البحر المتوسط ضعيفة جداً فإنها تكون قوية نسبياً في مواضع قليلة مثل خليج نابس حيث يصل الفرق بين مستوى المد ومستوى الجزر إلى مترين ، وعند جبل طارق حيث يصل إلى ١٠٢ متر ، وفيها عند ذلك يندر أن يزيد هذا الفرق على نصف متر ، في جنوة مثلاً يبلغ ٥٣ متر فقط وأمام جزيرة كورفو ٧ سنتيمترات فقط . وهذه الظاهرة تعتبر من العوامل التي ساعدت كثيراً من الأنهار التي تصب في هذا البحر مثل النيل والرون والرو على تكوين دالات لها .

ثالثاً — التيارات البحرية

OCEAN CURRENTS

أسبابها ونظامها العام ،

التيارات البحرية عبارة عن مسيرات منتظمة للمياه السطحية المحيطات وبعض البحار الكبيرة ، ويمتد بعضها تحريك قطاعات من هذه المياه بطريقة مشابهة لحركة مياه الأنهار البعيدة الشاطئ وهي تأخذ في مسيراتها اتجاهات معروفة تفرضها عوامل مختلفة أهمها اتجاه الرياح ودوران الأرض حول نفسها وشكل السواحل . ولهذه التيارات آثار مناخية هامة تختلف باختلاف طبيعتها ، فهي إما أن تكون دافئة فتعمل على تدفئة السواحل التي يمر بها ، وإما أن تكون باردة فتعمل على خفض درجة حرارتها .

وتلشأ التيارات البحرية بنظام المعروف نتيجة لعدة عوامل ، منها الرياح العامة التي تعتبر في الواقع أهم العوامل على الإطلاق ، وإليه جانبا توجد عوامل أخرى تساعد على تحريك المياه أو توجيهها بشكل خاص ، ومنها اختلاف درجة حرارة المياه وكثافتها من مكان إلى آخر ، ثم اختلاف المنسوب الماء في بعض البحار المتجاورة ، نتيجة لكثرة التبخر من سطح الماء في بعضها وكثرة ما ينصب في بعضها الآخر من مياه الأنهار والأمطار والتلوج

المنصهرة ، ويعتبر شكل السواحل كذلك من العوامل المهمة التي تحدد الاتجاهات التي تسير فيها بعض التيارات البحرية ، كما سنبين عند دراسة التيارات في المحيطات المختلفة ، كما أن حركة الأرض حول نفسها تعمل باستمرار على انحراف التيارات البحرية بطريقة مشابهة لانحراف الرياح حسب قانون فكل ، ومعنى ذلك أن التيارات تنحرف قليلاً إلى يمين هدفها في نصف الكرة الشمالي وإلى يساره في نصفها الجنوبي ، اللهم إلا إذا اضطرت بسبب شكل السواحل إلى أن تأخذ اتجاهات معينة .

ويمكننا أن نبين مدى تحكم الرياح العامة في نظام التيارات البحرية إذا ما قلنا خريطتي توزيع كل منها في العالم ، حيث نرى أن هناك توافداً شديداً بينهما ، ولعوضيح هذه الحقيقة نبدأ مثلاً بتتبع الرياح التجارية ما بين خطي عرض ١٠° و ٢٠° في نصف الكرة الشمالي والجنوبي على أحد المحيطين الأطلسي أو الهادي أننا سنلاحظ أن هذه الرياح تدفع أمامها الطبقة السطحية من مياه الأجزاء الشرقية للمحيط على شكل تيارين مائمين يتجهان نحو خط الاستواء من الشمال ومن الجنوب ، ونظراً لأن هذين التيارين ينتقلان إلى مناطق أشد حرارة من المناطق التي باتيان منها فإن مياهها تبدو باردة نسبياً ، ولذلك فإنها تساعد على تلطيف درجة حرارة السواحل التي تمر بموارها .

وعندما يصل هذان التياران إلى قرب خط الاستواء يشيران اتجاههما ويأخذان في التحرك نحو الغرب فيكون منهما تياران موازيان لخط الاستواء وهما التيار الاستوائي الشمالي والتيار الاستوائي الجنوبي . وتكون مياههما قليلة الحرارة في أول الأمر ولكنها تسخن تدريجياً بسبب شدة الحرارة في هذه العروض ، وعندما مقابل هذان التياران الساحل الغربي للمحيط يتجه الأول منها نحو الشمال بينما يتجه الثاني نحو الجنوب ، ونظراً لأن مياههما تكون حارة فإنها تعمل على تدفئة السواحل التي تمر بها ، ويستمر هذان التياران في جريتهما نحو الشمال ونحو الجنوب حتى خط عرض ٤٠° أو ٤٥° تقريباً ،

ثم يغيران اتجاهها نحو الشرق بتأثير الرياح العكسية، فإذا ما وصلتا إلى الجانب الشرقى للمحيط دفعتها الرياح الدجارية مرة أخرى نحو خط الاستواء حيث تبدأ الدورة من جديد . وبلاحظ أن جزءا من مياه التيارات الاستوائية التي تصل إلى الساحل الغربى للمحيط يرتد نحو الشرق على طول خط الاستواء على شكل تيار يطلق عليه اسم التيار الاستوائى الراجع (أو العائد) .

وإلى جانب الدورة التي سبق وصفها توجد كذلك تيارات شديدة البرودة تدفعها الرياح القطبية نحو الجنوب مصفة عامة في نصف الكرة الشمالى ، ونحو الشمال في نصفها الجنوبى . وبلاحظ مع ذلك أن الدورة السابقة تتغير نوعا ما في المحيطات المختلفة على حسب الظروف الخاصة بكل منها ، من حيث الانساع وشكل السواحل ونظام هبوب الرياح وقيمتها .

وبلاحظ عموما أن التيارات الرئيسية في المحيطات المختلفة تتزحزح نوعا ما نحو الشمال في فصل الصيف (الشمالى) ، ونحو الجنوب في فصل الشتاء تبعاً لحركة الشمس الظاهرية، شأنها في ذلك شأن المناطق العامة للحرارة والضغط الجوى والرياح .

تيارات المحيط الاطلسى :

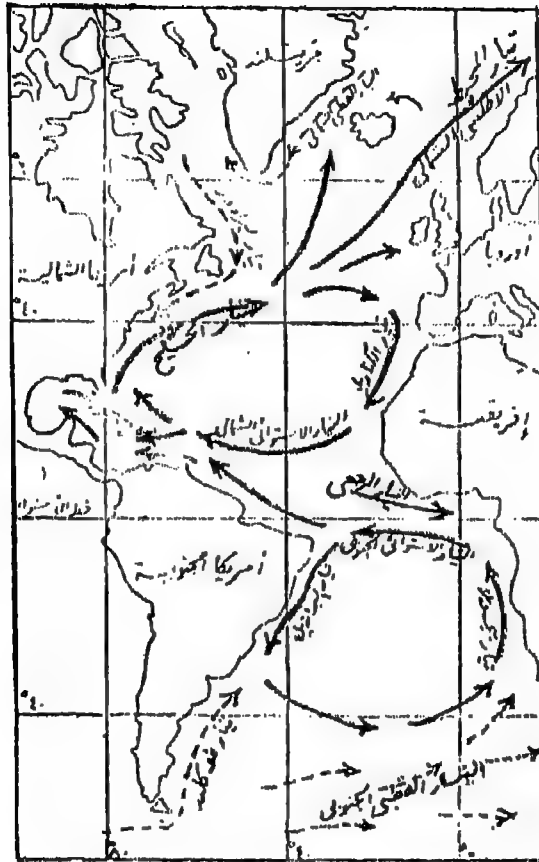
ينفق نظام التيارات البحرية في هذا المحيط اتفاقا واضحا مع الدورة العامة التي سبق وصفها (وذلك باستثناء بعض أوجه الاختلاف التي تظهر بصورة خاصة في أقصى الشمال) فإذا نظرنا إلى الخريطة شكل (٥٨) نلاحظ أن هناك تيارين يعمركان نحو خط الاستواء في الأجزاء الشرقية من المحيط وهما :
١ - تيار الكناريا ، نسبة إلى جزر الكناريا في الشمال و ٢ - تيار بنجويلا ، نسبة إلى إقليم بنجويلا في جنوب غرب أفريقيا في الجنوب .

والغرب من خط الاستواء يتصرف هذان التياران نحو الغرب ، ويتكون منهما التيار الاستوائى الشمالى من جهة والتيار الاستوائى الجنوبى من جهة أخرى،

وعندما تصادم هذان التياران الاستوائيان بساحل أمريكا الجنوبية يرتد جزء بسيط من مياههما على طول خط الاستواء نحو الشرق على شكل تيار يطلق عليه اسم التيار الاستوائي الراجع ، وهو الذي يعرف عند الساحل الأفريقي باسم تيار غانة الحار ، وفيما عدا ذلك نجد أن التيار الاستوائي الشمالى يتحرك في مجله نحو الشمال الغربي على امتداد الساحل الشمالى لأمريكا الجنوبية ، أما الجنوبي فينقسم عند مصاده لشيء جزيرة سان روك St. Roque إلى قسمين ، الأول منهما ينضم إلى التيار الاستوائي الشمالى ، أما الثانى فيتحرك جنوبا ويتكون منه تيار البرازيل الدافئ ، الذى يستمر في تحركه حتى حوالى خط عرض ٤٠° جنوبا ، ثم يغير اتجاهه متأثر الرياح العكسية نحو الشرق ، وتنضم إليه بعض التيارات القطبية الباردة ومنها تيار فوكلاند فى أقصى جنوب شرق أمريكا الجنوبية ، ويتكون منهما جميعا تيار بنجويلا الذى سيأتى الإشارة إليه .

أما فى شمال خط الاستواء فيتحرك التيار الاستوائي الشمالى ، بالإضافة إلى القسم الذى انضم إليه من التيار الجنوبي ، نحو البحر الكاريبى وجزر الهند الغربية . ثم يدخل القسم الأكبر منه إلى خليج المكسيك ، بينما يتحول القسم الآخر إلى الشرق من جزيرة فلوريدا ويتكون منه تيار الخليج Gulf Stream ، وهو أعظم تيارات المحيط الأطلسى ، بل أعظم تيارات العالم على الإطلاق ، ويرجع ذلك إلى أن مياهه تأتي من ثلاثة مصادر هى : ١ - مياه التيار الاستوائي الشمالى نفسه ، ٢ - القسم الذى ينضم إليها من مياه التيار الاستوائي الجنوبي ، ٣ - المياه الكثيرة التى تصل إلى خليج المكسيك بواسطة الأنهار التى تصب فيه ، وأهمها نهر السيسى .

وبواصل تيار الخليج حركته بمحاذ الساحل الشرقى للولايات المتحدة ، ويكون عرضة فى المتوسط حوالى ٧٥ كيلو مترا ، وعمقه نحو ٦٥٠ مترا ودرجة حرارة مياهه ٢٧° م تقريبا ، وتكون سرعته بالقرب من شبه جزيرة



شكل (٥٨) التيارات البحرية في المحيط الأطلسي

فلوريدا حوالي سبعة كيلو مترات ونصف في الساعة ، ويرجع ذلك إلى قوة اندفاع المياه الكثيرة التي تخرج من خليج المكسيك عن طريق المضيق المصنوع بين جزيرة كوباء شبه جزيرة فلوريدا ، ولكن هذه السرعة تقل تدريجياً حتى تصبح حوالي كيلو مترين في الساعة أمام سواحل ليدفوندلاند . وهناك يبدأ التيار في تغيير اتجاهه نحو الشرق بفأثر الرياح المكسية الجنوبية الغربية ، ولكنه يشذ في دورته لوماً ما عن الدورة العامة التي سبق وصفها ،

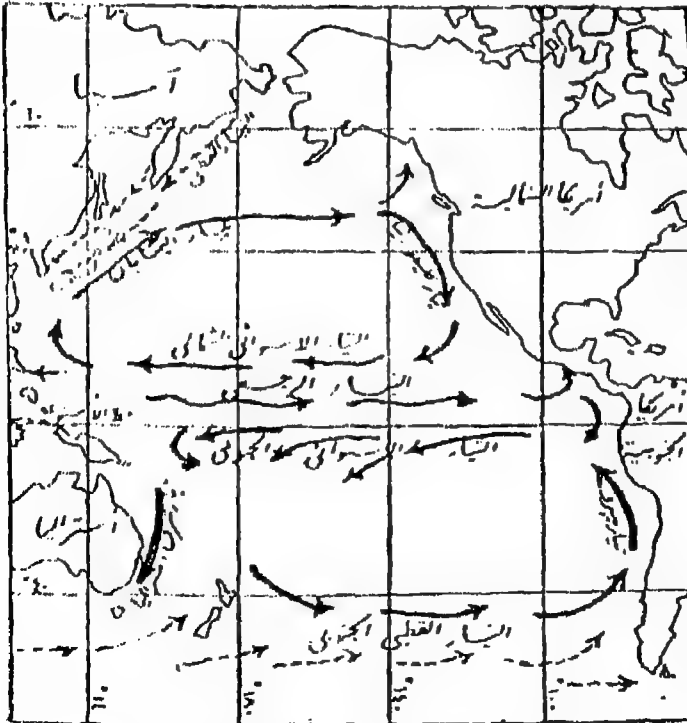
فبدلاً من أن يعبر كل جميعه نحو الجنوب عند مقابلته لسواحل الجزر البريطانية
و الحرب أوروبا ، فإنه يعطرح إلى فرعين كبيرين ، يتجه أحدهما نحو الجنوب
على طول السواحل الغربية للراسا وشبه جزيرة أيبيريا وشمال غرب إفريقيا ،
حيث يتكون منه تيار الكنتاريا الباردة ، أما الفرع الثاني وهو الأكبر فيواصل
تحركه نحو الشمال الشرقى ماراً بين أيسلندة والمدر البرية النزية حتى يصل إلى
سواحل النرويج وروسيا ، ويطلق عليه أحياناً اسم تيار المحيط الأطلسي
الشمالى الدافئ ، ومنه يفرج فرع صغير يتجه نحو أيسلندة ويتقدم إلى النهاية
إلى التيارات القطبية الباردة التى تتجه جنوباً ، وأهمها تيار ليرامور الذى يعادل
مع تيار الخليج عند جزيرة نيو فونلاند .

تيارات المحيط الهادى :

لا تختلف تيارات المحيط الهادى فى نظامها العام اختلافاً كبيراً عن تيارات
المحيط الأطلسي ، وذلك باستثناء بعض الاختلافات البسيطة التى يرجع بعضها
إلى عدم تشابه شكل السواحل فى المحيطين ، فبالنظر إلى الخريطة شكل (٥٢)
نرى أن السواحل الغربية للامريكيتين يحف بها تياران باردان يسمىان نحو
خط الاستواء . وهما تيار كاليفورنيا فى الشمال وتيار بيرو (أو مبولت
Humboldt) فى الجنوب ، ومنها يتكون تياران استوائيان يسمىان غرباً حتى
جزر أندونيسيا وشرق أستراليا ، ومن هنا نرى بعض مياها على طول خط
الاستواء مكونة للتيار الاستوائى الراجع الذى يتحرك بين التيارين الأعاليين .
وفى غرب المحيط يتجه التيار الاستوائى نحو الشمال ثم للشمال الشرقى ،
ويعد سواحل اليابان الشرقية ويطلق عليه اسم تيار اليابان الحار ، وهو الذى
يطلق عليه كذلك اسم تيار كوروسيمو ، Kuro Sivo ، أو Kuro Sika ،
(أى التيار الأسود) . وحوالى خط عرض ٥٢° شمالاً يغير هذا التيار اتجاهه

نحو الشرق بفأثير الرياح العكسية للجنوبية الغربية حتى إذا ما وصل إلى الساحل الغربي لأمريكا الشمالية انحرف معه نحو الجنوب مكوناً تيار كاليفورنيا الذي سبقت الإشارة إليه .

ويلاحظ أن تيار اليابان المار بالهلال إلى الشرق من جزيرة هاواي (أحدى جزر اليابان الشمالية) يتيار قبلي بارد يأتي من جهة مغربي يهرنج ويهرج - وواحد شبه جزيرة كاليفورنيا وجزر كوريل ، ويطلق عليه اسم تيار كاليفورنيا أو تيار كوريل . وهو يشبه تيار لبرا دور في شمال غرب المحيط الأطلنطي ، ولكنه أضعف منه بكثير .



شكل (٥٩) التيارات البحرية في المحيط الهادئ

أما التيار الاستوائي الجنوبي فيتحول إلى تيار غربي استوائي المائل ،
الذي يمتد جنوباً بجزر سواحل استوائية للشرقية وسواحل نيوزلاند ،
وذلك حتى شمال عرض ٤٧° جنوباً ، ثم يغير اتجاهه نحو الشرق بتأثير
الرياح المكسية الشمالية الغربية ، ويتجه هنا بعض التيارات لأطراف التي تأتي
من الجنوب ، وعندما يصل إلى أمريكا الجنوبية وجهه نحو الشمال بهذه الساحل
الغربي على شكل تيار يعرف باسم تيار برز أو مبولت ، وهو الذي يحول
عند خط الاستواء إلى التيار الاستوائي الجنوبي .

وهناك بعض الاختلافات بين تيارات المحيط الهادئ و تيارات المحيط
الاطلسي ، وأهم أوجه هذا الاختلاف هي :

١ - أن التيارات الأطلنطية في شمال المحيط الأطلنطي أهم بكثير من نظيراتها
في شمال المحيط الهادئ وذلك لأن المحيط الهادئ يكاد يكون مغلقاً من
ناحية الشمال ، حيث لا يوصله بالمحيط المتجمد الشمالي إلا برفاز بيرنج الضيق ،
وهو لا يسمح إلا بمرور تيارات ضعيفة نسبياً .

٢ - أن تيار اليابان الحار أضعف بكثير من تيار الخليج ، لأن الأخير
يكون في الواقع من مياه التيار الاستوائي الشمالي مضافاً إليها جزء كبير من
مياه التيار الاستوائي الجنوبي . وذلك فضلاً عن مياه الأنهار الكثيرة ومياه
الأمطار التي تعصب في خليج المكسيك ، أما تيار اليابان فإنه يكون مموماً
من مياه التيار الاستوائي الشمالي وحدها ، بل إن جزءاً من هذه المياه يتسرب
بين جزر أندونيسيا وبواصل سمرقند نحو الشرق حتى يدخل المحيط الهندي ،
وفضلاً من ذلك فإن مياه تيار اليابان تكون أقل سخونة من مياه تيار الخليج
التي يؤدي مرورها في البحر الكارايي ثم تجمعها في خليج المكسيك إلى زيادة
درجة حرارتها ، ونظراً لاعتدال مساحة المحيط الأطلنطي بالنسبة للمحيط الهادئ

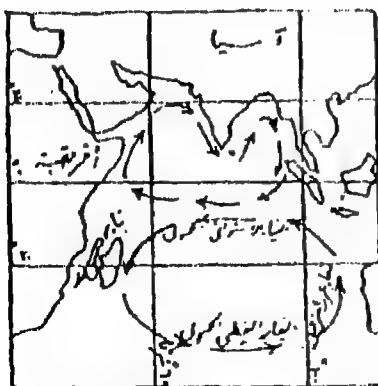
فإن مياه تيار الخليج تظل ممتلئة بالماء الكبير من سرارتها حتى عند وصولها إلى سواحل غرب أوروبا في حين أن تيار اليابان يلد جزءاً كبيراً من حرارته أثناء عبوره المحيط الهادئ وهو أعظم مساحة بكثير من المحيط الأطلسي ، ولهذا الأسباب نجد أن تأثير تيار الخليج على مناخ سواحل أوروبا الغربية ، يفرق كثيراً تأثير تيار اليابان الدافئ على مناخ الساحل الغربي لكندا وشماله غرب الولايات المتحدة .

تيارات المحيط الهندي ،

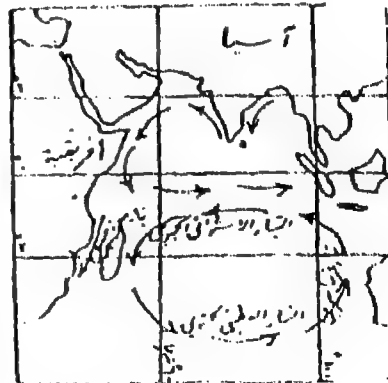
يتميز المحيط الهندي بطروفيه الخاصة التي أدت إلى اختلاف نظام التيارات البحرية فيه من النظام الذي سبق أن رأيناه في المحيطين الأطلسي والهادئ . ويظهر هذا الاختلاف بصفة خاصة في القسم الشمالي من المحيط ما بين خط الاستواء وسواحل آسيا الجنوبية ، ففي هذا القسم يتميز اتجاه التيارات البحرية تميزاً تاماً في فصل الشتاء منه في فصل الصيف ، كما يظهر عند مقارنة شكل (٥٣) و (٥٤) ، حيث نلاحظ أن التيار الذي يمر بمحور الساحل الجنوبي لآسيا في فصل الشتاء يحده بصفة عامة من الشرق إلى الغرب . والسبب في ذلك هو هبوب الرياح الموسمية الشمالية الشرقية في هذا الفصل من داخل آسيا نحو المحيط الهندي ، وعندما يصل هذا التيار إلى شرق إفريقيا يدحرف جنوباً حتى يمر خط الاستواء (كما تفعل الرياح الموسمية الشتوية نفسها) ثم يتميز اتجاهه بعد ذلك نحو الشرق مكوناً التيار الاستوائي الشمالي ، أما في فصل الصيف فتعكس الدورة بسبب تغير اتجاه الرياح الموسمية ، التي تهب على شبه جزيرة الهند والبحر العربي في هذا الفصل من الجنوب الغربي بصفة عامة ، فتدفع أمامها المياه الساحلية على شكل تيار يتجه نحو الشرق ، فاذا ما وصل إلى ساحل الملايو والهند الصينية غير اتجاهه نحو الجنوب ، وأخيراً يتحول

إلى تيار استوائي يتجه من الشرق إلى الغرب، ومن الواضح أن شكل الساحل الهندي له تأثير واضح على اتجاه التيار البحري الذي يضطر للدوران دوراً عند انتقاله من خليج بنغال إلى البحر العربي في فصل الشتاء، أو العكس في فصل الصيف.

أما إلى الجنوب من خط الاستواء، فلا يختلف نظام التيارات البحرية في المحيط الهندي عن نظامها في المحيط الأطلسي الجنوبي أو المحيط الهادى الجنوبي، ففي الشرق يوجد تيار غرب استراليا الذى تدفعه الرياح التجارية الجنوبية الشرقية نحو خط الاستواء ثم يتكون منه التيار الاستوائى الجنوبي الذى يتحرك غرباً حتى يصل إلى الساحل الشرقى لأفريقية، وينحرف نحو الجنوب على شكل تيار دافى يطلق عليه اسم تيار موزمبيق، نسبة إلى إقليم موزمبيق في شرق إفريقيا، وأخيراً يغير اتجاهه نحو الشرق بتأثير الرياح العكسية الشالية الغربية حتى ياتهم بليار غسرب استراليا، ويبدأ الدورة من جديد.



شكل (٦١)
التيارات البحرية في المحيط الهندي
في فصل الصيف

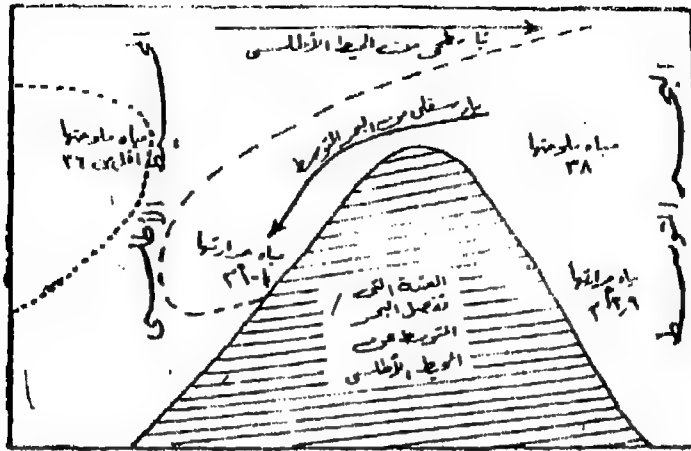


شكل (٦٢)
التيارات البحرية في المحيط الهندي
في فصل الشتاء

تيارات البحر المتوسط :

يتميز البحر المتوسط بفيض التيارات السطحية التي تختلف في طبيعتها وأسمائها عن التيارات الرئيسية في المحيطات الكبرى ، لأن السائل الرئيسي الذي يحرك مياه المحيطات هو الرياح العامة . أما المياه السطحية في البحر المتوسط فتتحرك نتيجة لعوامل أخرى من أهمها ارتفاع درجة ملوحة مياه هذا البحر ، وارتفاع درجة حرارتها بالنسبة لمياه المحيطات حارما . ويرجع ذلك إلى دفء البحر المتوسط وسرعة تبخر مياهه من ناحية ، وعدم كثافة ما ينصب فيه من مياه الأنهار أو الأمطار لتعرض ما يتبخر من مياهه بالتبخر من ناحية أخرى . وليس من شك في أن تيارات الموض لما كذلك دخل كبير في أحواله المائية إذ أن امتداد الجبال يحور الساحل في معظم أجزائه قد قلل من فرصة وجود أنهار كبيرة تتصلل إليه ما يمكن لتعرض المقطوع منه بالتبخر ، ويقدر مجموع الأنهار التي تنصب في البحر المتوسط مباشرة بنحو ١٩٠٠ / ١ فقط من المياه التي تتبخر منه بالتبخر أما الباقي فيعرض بثلاث وسائل أخرى هي : (١) زيادة ما يدخل إلى هذا البحر من المحيط الأطلسي من طريق بوغلا جبل طارق مما يخرج منه من نفس الطريق ، وهذا يعرض ٧٠٠٠ / ٢ من مجموع المياه المتبخرة ، (٢) الأمطار وغيرها من مظاهر التكثف وهذه تعرض ٢١٠٢ / ٣ . (٣) زيادة ما يدخل البحر المتوسط من البحر الأسود عن طريق بوغازي البوسفور والدردنيل مما يخرج منه إلى نفس البحر ، وهذا يعرض ٣٠٢ / ٤ من قيمة المياه المتبخرة .

ومن هذا يتبين بوضوح أهمية بوغاز جبل طارق الشريك بالذية لمياه البحر المتوسط ، إذ لولا المياه التي تصل عن طريقه إلى هذا البحر لكانت نسبة كثرة التبخر ، كما أنه لولا ضيق هذا البوغاز وضيقه لكانت وجود عتبة



شكل (٦٢) حركة المياه على العتبة الصخرية التي تفصل المحيط الأطلسي من البحر المتوسط

صخرية عند مدخله لا يزيد ارتفاع الماء فوقها من ٥٠٠ متر لا غفلت مياهه بجما المحيط الأطلسي ولما حادت لها صفاتها الأولى التي تتميز بها .

وقد ترتب على وصول المياه السطحية إلى البحر المتوسط من الغرب ومن الشرق تكون دورة عامة للمحرك بقدرة ضاعها المياه السطحية لهذا البحر في اتجاه معضاد لحركة مقرب الساعة ، حيث تدحرك من الشرق إلى الغرب أمام سواحله الشمالية ، ومن الغرب إلى الشرق أمام سواحله الجنوبية ، ولو أنها تقاثر في حركتها بشكل السواحل ، في جنوب أوروبا مثلا نلاحظ أن التيار يتحرك من الجنوب إلى الشمال أمام السواحل الغربية لأشباه الجزيرة ومن الشمال إلى الجنوب أمام سواحلها الشرقية ، كما في الحال أمام سواحل إيطاليا وأسبانيا .

وقد كان لهذه التيارات السطحية أثر في نشأة الموانئ المهمة الغربية من مصبات الأنهار حيث نلاحظ أن هذه الموانئ تنشأ دائما في الجهة التي لا تقاثر

بالرواسب التي يجلبها النهر ويحملها التيار الجعري ، وهذا هو السبب في نشأة
 رالونيكال إلى الشرق من مصب الزاردار ، والهندية إلى الشمال من مصب نهر
 البر ، وسريليا إلى الشرق من مصب البرون ، ويرتفع في شمال شرق دانا
 الأبرو . ولربما من شك في أن حركة التيارات أمام الساحل التي إلى مصر من
 الغرب إلى الشرق قد ساعدت على حماية ميناء الاسكندرية من الرواسب الطينية
 التي تحملها مياه نهر النيل والتي بها في البحر خصوصا في موسم الفيضان

أما التيار السفلي الذي يتحرك على عمق يتراوح بين ١٠٠ و ١٥٠ مترًا
 فيجذب نحو بوناز جبل طاروق في معظم أجزاء البحر ما عدا بحر إيجة حيث
 يتحرك نحو البحر الأسود .

وحركة المياه في بوناز جبل طاروق تسمى في اتجاهين معاكسين ، ففي ذلك
 تيار سطحي قوى يتدفق من المحيط إلى البحر المتوسط بسرعة تبلغ حوالي خمسة
 كيلو مترات في الساعة ويتراوح عمقه بين ٥٠ و ١٠٠ متر من سطح الماء ،
 ويقابل هذا التيار السطحي تيار آخر سفلي يتحرك على عمق يتراوح بين
 ١٠٠ و ٢٠٠ متر ويتحرك بواسطة مياه البحر المتوسط ذات الكثافة والكثافة
 المرتفعتين على سافة المياه المغيرة نحو قاع المحيط ، ويواصل التيار السطحي
 الذي يحمل مياه المحيط الأطلسي ذات الكثافة والمالحة المنخفضتين تسببا
 حركتها نحو الشرق أمام الساحل الشمالي لأفريقية حتى الساحل الشمالي لمصر ،
 إلا أن سرعته تقلص تدريجيا كلما اتجهنا شرقا . أما التيار السفلي ، الذي
 يخرج من البحر المتوسط فتتدفق مياهه لكثيفة على قاع المحيط في اتجاهات
 مختلفة يمكن تتبعها لمسافات طويلة أمام ساحل البرتغال وساحل المغرب بل
 وفي مرض المحيط . والمياه التي تتدفق هذا التيار السفلي تشكل الطبقة التي
 يتراوح عمقها بين ٣٠٠ و ٥٠٠ متر في معظم أجزاء البحر المتوسط حيث

يلاحظ أن هذه الطبقة تتحرك بصفة عامة نحو الغرب ، أما الطبقات الأعمق من ذلك فلا تتأثر تأثراً ظاهراً بهذه الحركة ، ويرجع ذلك إلى تأثير بوفاز جبل طارق الذي أشرنا إليه .

ومن الممكن أن نلاحظ نفس حركة الماء كذلك في البوفاز الذي يفصل جزيرة صقلية من تونس ، فهنا يوجد تياران أحدهما سطحي يتجه نحو الشرق والثاني سطحي يتجه نحو الغرب ، ولكنها أضعف بكثير من تيارى بوفاز جبل طارق .

وفي الطرف الشمال الشرقى للبحر المتوسط يوجد تياران آخران في بوفازى البسنور والدودنيل ، أحدهما سطحي يتحرك من البحر الأسود إلى البحر المتوسط والثاني سطحي يتحرك في الاتجاه المضاد ، وهذان التياران لا يبلغان كذلك من القوة مبلغ تيارى بوفاز جبل طارق .

التيارات البحرية في الشتاء ،

أولاً - الرمال في درجة الحرارة : من التوزيع السابق للتيارات البحرية في المحيطات المختلفة يمكننا أن نلاحظ ظاهرتين مهمتين هما :

١ - في نطاق الرياح التجارية (على وجه التحال) توجد تيارات باردة بجوار السواحل الغربية للدارات بينما توجد تيارات دافئة أو حارة بجوار سواحلها الشرقية .

٢ - في نطاق الرياح المعكسية (الغربية) تنقلب الآية ، فينتج تأثر السواحل الغربية للدارات ببعض التيارات الدافئة نجد أن سواحلها الشرقية تتأثر ببعض التيارات الباردة . وينطبق هذا بصفة خاصة على نصف الكرة الشمالى بسبب اتساع اليابس ومعظم امتداده في العروض العليا .

والا كانت التيارات الدافئة تهب دائما على تافئة الموائل التي تفر بها بينما تعمل التيارات الباردة على برودتها ، فقد تركب على الظاهرتين السابقتين أن اخذت درجة حرارة الموائل الشرقية للقارات عن درجة حرارة سواحلها الغربية التي تقع في نفس العروض ، ويظهر هذا بوضوح عند مقارنة السواحل المتقابلة في القارة الواحدة أو السواحل المتفرقة على محيط واحد في القارات المختلفة ، وقد سبق أن أدرنا إلى هذه الحقيقة عند الكلام على خطوط الحرارة المتساوية .

فلذا فلنأخذ مثلا بين أثر التيارات البحرية على حرارة السواحل الشرقية للمحيط الاطلس وأثرها على حرارة السواحل الغربية لنفس المحيط نلاحظ ما يأتي :

أولا - أن السواحل الغربية لأفريقية وشبه جزيرة إيبيريا أقل حرارة من السواحل المتقابلة لها في شرق الأمريكتين ، وذلك لمرور تيارى السكتاريا وبنجويلا الباردتين أمام السواحل الأولى ، وتيارى الخليج والبرازيل الدافئتين أمام السواحل الثانية ، فبينما يبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة في داکار « Dakar » على ساحل السنغال حوالي 24°C نجد أنه في فيراكروز « Vera Cruz » على الساحل الشرقى للكميك يبلغ حوالي 23°C وذلك على الرغم من أن الثانية أبعد من الأولى عن خط الاستواء بحوالي ٤ درجات مرضية ، وكذلك في بنانا « Bana » الواقعة عند مصب نهر الكونغو يبلغ المعدل السنوي 20°C مقابل 20.6°C في برنامبوكو « Pernambuco » على الساحل الشرقى للبرازيل . ويبدو هذه الاختلافات أوضح ما يمكن في فصل الشتاء ، ففي شهر يناير مثلا يكون معدل الحرارة في داکار 20°C مقابل 22°C

في فيراكروز ، أما في بنانا فيكون ٢٢٢٤° مقابل ٢٤° في برنامبوكو (١) .

وبلا عطف أن الفرق بين الساحلين الشرقي والغربي للمحيط الأطلسي
بالتأصل تدريجيا كلما اقمنا من خط الاستواء نحو الشمال حتى يختلف تقريبا
حوالي خط عرض ٣٠° شمالا ، وهنا نجد أن خطوط الحرارة المتساوية تقطع
الساحلين عند خطوط عرض متفاوتة جدا .

ثانيا - إلى الشمال من خط عرض ٤٥° تنعكس الحالة تماما ، حيث نجد
أن السواحل الغربية لأوروبا أدفا بكثير من السواحل الشرقية لكندا
والولايات المتحدة ، ويرجع ذلك إلى تأثير تيار الخليج الدافئ وفروعه على
السواحل الأولى ، وتأثير تيار ليرادور البارد على السواحل الثانية ، وهذا
هو السري أن خطوط الحرارة المتساوية تنتج في هذه العروض (على شمال
المحيط الأطلسي) ما بين الشمال الشرقي والجنوب الغربي ، ويبدأ الفرق بين
الساحلين في الظهور إلى الشمال من خط عرض ٣٠° ويبدأ تدريجيا كلما
اتجهنا شمالا ، ويكون هذا الفرق كبيرا جدا خاصة في فصل الشتاء ، ويمكن
ذلك من الجدول رقم (٤) الذي يبين معدلات درجة الحرارة لشهر يناير
والمعدلات السنوية في بعض البلاد التي تقع على جانبي المحيط ، ونفقد في سطر
العرض تقريبا .

وقد ترتب على دفء الجانِب الشرقي من المحيط الأطلسي الشمال عدة نتائج ،
أهمها : أولا ، أن المياه أمام الساحل الشمال الغربي لأوروبا لا تتجمد في أي
شهر من شهور السنة في أي مكان إلى الجنوب من خط عرض ٧٥° شمالا ،

(١) خطا عرض دالكار وفيراكروز هما ٣٩° و ١١° شمالا على
الترتيب ، أما خطا عرض بنانا وبرنامبوكو هما ٦° و ٨° جنوبا على الترتيب .

جدول (٤) معدل درجة حرارة شهر يناير والمعدل السنوي في بعض البلاد المتعاقبة على الساحل الشرقي والقربى لشمال المحيط الأطلس.

البلد	معدل العرض (شمالا)	معدل درجة الحرارة (متوسطة)	السن
لشبونة (البرتغال) واشتلين	٤٢ °٣٨	١١.٦	١٥٠٠
	٥٣ °٣٨	١١.٥	١٢٥٦
	الفرق	١١.٦	٢٠٧
أبورتو (البرتغال) نيويورك	٧ °٤١	٨.٣	١٤٠٤
	٦ °٤١	١ -	٩١
	الفرق	٩.٣	٣١٤
برست (فرنسا) سان جونز (الولايات المتحدة)	٣٣ °٤٨	٦.٦	١٢
	١٩ °٤٥	١.٢	١٨٧
	الفرق	٥.٤	٥٠٧
جلاسجو ناين (لندن)	٥١ °٥٥	٣.٩	٨٦٥
	٢٥ °٥٦	١٣.٨	٥٠٢
	الفرق	٩.٩	٣٤٣

بينما نجد مياه الساحل الشمالي الشرقي لأمريكا في فصل الشتاء حتى خط عرض ٥٠° شمالا، ويتجمد معها مياه نهر سانت لورانس، مما يؤدي إلى توقف الملاحة تماما في هذا الفصل، بخلاف الحال أمام الساحل الغربي الذي يظل مفتوحا للملاحة طول السنة. وفضلا عن ذلك فإن جبال الهايدي الطافية قد تستمر في تحركها جنوبا بالقرب من الساحل الشرقي لأمريكا حتى خط عرض ٤٠° شمالا، بينما يندر أن نشاهد بالقرب من الساحل الشمالي

الغربي لأوروبا إلى الجنوب من خط عرض ٥٠° . وكذلك فيما ينحصر بخط
الخليج الدائم ، نلاحظ أنه يقع دائما إلى الشمال من خط عرض ٨٠° شمالا أمام
الساحل الشمالي الغربي لأوروبا . في حين أنه يصل إلى خط عرض ٦٠° أمام
الساحل الشمالي الشرقي لأمريكا الشمالية .

ثانياً - نظراً لأن السواحل الشرقية للبحر الأبيض المتوسط (إلى الشمال من
خط الاستواء) تتأثر بالتيارات الباردة في العروض الحارة ، والتيارات الدافئة
في العروض الباردة ، فقد كرس على ذلك أن أصبح تدرج الحرارة على
امتداد هذه السواحل بطيئاً جداً ، أما السواحل الغربية فيختلف الحال عليها
من ذلك تماماً ، لأنها تتأثر بالتيارات الدافئة في العروض الحارة والتيارات
الباردة في العروض الباردة . ولهذا السبب نجد أن مناخها أكثر تطرفاً من مناخ
السواحل الشرقية ، كما أن التدرج الحراري على امتدادها يكون شديداً
الانحدار جداً بمعنى أن الانتقال من المناخ الحار إلى المناخ البارد يأتي في
مسافة قصيرة ، وقد كان لذلك نتائج اقتصادية هامة ، لأنه أدى إلى تعدد
الأنواع النباتية التي تساعد على زراعة غلات معينة في مسافة قصيرة نسبياً .
فمثل طول الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية مثلاً نجد أن المياه النباتية تتدرج
في مسافة لا تزيد على ٦٠٠ كيلومتراً من غلات الأقاليم الحارة في فلوريدا إلى
غلات الأقاليم الباردة في لبرادور .

ومثل هذا التدرج السريع يوجد كذلك في شرق آسيا ، ولكنه أقل
وضوحاً منه في شرق أمريكا الشمالية لأن التيار الياباني الدافئ (كوريوشيفو)
أضعف أثره من تيار الخليج ، كما أن تيار كوشنكا البارد أضعف من
تيار لبرادور .

ثانياً - الزحمة في الرطوبة ومظاهر التكثف ؟ إلى جانب تدفئة السواحل أو
تبريدها تتركز التيارات البحرية كذلك على رجولة الهواء ، فالرياح التي تمر

على تيارات دافئة تكون أبرد على حمل بخار الماء من الرياح التي تمر على تيارات باردة ، ولهذا فإن الأولى تكون سببا في سقوط أمطار غزيرة على السواحل التي تهب عليها ، خصوصا إذا كانت هناك سلاسل جبالية مرتفعة تعترض طريقها ، فبالإشك فيه أن مرور الرياح الغربية على تيار الخليج قبل وصولها إلى سواحل غرب أوروبا ، وعلى تيار كوروسيفو قبل وصولها إلى سواحل كندا وشمال غرب الولايات المتحدة ، ثم مرور الرياح الموسمية الشمالية الشرقية على تيار شرق استراليا قبل وصولها إلى سواحل كوينزلاند في شمال شرق استراليا يعتبر من العوامل المهمة التي تؤدي إلى كثرة الأمطار على جميع هذه السواحل

ويختلف الحال من ذلك تماما بالنسبة للرياح التي تمر على تيارات باردة ، حيث أنها لا تسام بنصيبه يذكر في أمطار السواحل التي تمر بها ، بل لأنها على العكس من ذلك تساعد على جفاف هذه السواحل ، كما في الحال في جنوب غرب إفريقيا حيث يوجد تيار بنجويلا ، وفي شمالها الغربي حيث يوجد تيار الكناريا ، فقد ساعد هذان التياران الباردان على امتداد صحراء ناميب في الجنوب والصحراء الكبرى في الشمال حتى ساحل المحيط الاطلسي ، وتكرر هذه الظاهرة في جنوب غرب أمريكا الجنوبية ، حيث تمتد صحراء أتكاما بجوار السواحل التي يمر بها تيار بيرو ، وفي غرب أمريكا الشمالية حيث تمتد صحراء أريزونا بجوار السواحل التي يمر بها تيار كاليفورنيا ، وكذلك في غرب استراليا حيث تمتد الصحاري الوسطى والغربية حتى ساحل المحيط الهندي الذي يمر بمراره تيار غرب استراليا البارد ، ولكن يجب ألا ننهم من هذا أن جميع هذه الصحاري قد تكونت بسبب التيارات الباردة وحدها ، إذ أن السبب الرئيسي في وجودها في غرب القارات هو أن الرياح التجارية الشمالية الشرقية أو الجنوبية الشرقية ، التي تهب عليها في معظم أيام السنة تكون

شديدة الجفاف لمرورها على مساحات واسعة من اليابس . أما التيارات الباردة
فقد سادت فقط على امتدادها حتى ساحل المحيط من جهة ، وعلى زيادة
جفافها من جهة أخرى .

ويشهد الطغيان البحري من أهم مظاهر الكثف التي تحدث نتيجة لتقابل
تيارين أحدهما دافئ والآخر بارد . كما يحدث مثلاً في منطقة التقاء تيار
لرادور البارد بتيار الخليج الدافئ . حول جزيرة نيوفونديلاند ، وفي منطقة
التقاء تيار كوريل بتيار كوروسيفو إلى الشرق من جزر اليابان ، ففي هاتين
المنطقتين يتكون ضباب كثيف جداً نتيجة لكثف بخار الماء الذي يحمله
الرياح الدافئة عند مروره على سطح التيار البارد .

الأهمية الجغرافية للتيارات البحرية :

تظهر أهمية التيارات البحرية في كثير من النواحي الطبيعية والبشرية للناطقين
التي تتأثر بها مثل المناخ وأشكال السواحل ومظاهرها الجيومورفولوجية ،
وحياة الإنسان ومظاهر نشاطه التي لها صلة بالبحر . ولا يلعب المجال الآن
لدراسة كل آثار التيارات البحرية في كل هذه النواحي ولذلك سنعكف
بمختصر أهم هذه الآثار فيما يلي :

(١) تقوم التيارات البحرية بعملية توزيع وموازنة حرارية مستمرة
بين المناطق التي تتأثر بها ، فالتيارات الحارة تقوم بنقل الحرارة التي تكتسبها
مياه البحار من أشعة الشمس في الأقاليم المدارية وشبه المدارية إلى الأقاليم
التي يقل تسخينها من هذه الأشعة ، كما تقوم التيارات الباردة من ناحية أخرى
بنقل المياه الباردة من الأقاليم القطبية إلى الأقاليم الدافئة نسبياً فتعمل على
خفض درجة حرارة مياهها . ويبدو أثر التيارات البحرية واضحاً على مناخ
السواحل التي تمر بها إذا نظرنا مثلاً إلى خريطة خطوط الحرارة المتساوية على

المحيط الأطلسي ، حيث نلاحظ بوضوح كيف أن تيار الخليج الدافئ قد ساعد على تدفئة سواحل التروبيج بينما أدى تيار إيرادور البارد إلى زيادة برودة السواحل المقابلة لها في أمريكا الشمالية . ولذلك فبينما تكونت الملاحية في بعض أشهر الشتاء أمام معظم شواطئ كندا الشرقية فإن سواحل التروبيج المطلة على المحيط الأطلسي تظل كلها مفتوحة للملاحية طول السنة ، بل إن سواحلها الشمالية المطلة على البحر المتجمد الشمالي تكون مفتوحة كذلك للملاحية خلال أشهر الصيف .

(٢) إن مرور التيارات الدافئة بهوار بعض السواحل يساعد على زيادة بخار الماء في هوائها فإذا توافرت أي ظروف مساعدة على حدوث التكثف فإن هذا التكثف يحدث بكثرة ويغمر بخلاصة أهمها الغشابات والأمطار على حسب ما تسمح به الظروف ، بينما يحدث العكس على السواحل التي تمر بها تيارات باردة حيث أن هواءها لا يستطيع حمل كميات كبيرة من البخار ولا يكون هناك بالذات مجال لكثرة مظاهر التكثف . ويعتبر هذا العامل واحدا من الأسباب التي ساعدت على امتداد بعض الصحاري وخموصها الصحاري المدارية الواقعة في غرب القارات حتى سواحل المحيطات ومن أهمها الصحراء الكبرى وصحراء ناميب وصحاري غرب استراليا وصحراء شيلي وصحراء كاليفورنيا وكلها تمر بها تيارات باردة .

(٣) وكما أن التيارات البحرية تقوم بعملية توزيع وموازنة حرارية بين مياه الأقاليم المختلفة فإنها تعمل كذلك على تقليل التفرق بين ملوحة البحار المتجاورة وكثافة مياهها ، حيث تتقلل المياه الكثيفة ذات الملوحة العالية بشكل تيارات سفلية إلى البحار الأقل ملوحة وكثافة بينما تتقلل المياه من البحار الأقل ملوحة وكثافة بشكل تيارات سطحية في اتجاه عكسي ، وهذا هو ما يحدث

مثلا بين البحر المتوسط (ذو الملوحة العالية نسبيا) والمحيط الأطلسي الأقل منه ملوحة ، وما يحدث كذلك بين البحر الأحمر والمحيط الهندي .

(٤) عندما تلتقي التيارات الدافئة بالتيارات الباردة أمام بعض السواحل فإنها تؤدي إلى تكون ضباب كثيف ، كما هي الحال في شمال شرق الولايات المتحدة حول جزيرة نيوفونلاند حيث يلتقي تيار ليرادور البارد بتيار الخليج الدافئ ، وفي مثل هذه المناطق تتجمع الأسماك ، ولذلك فإنها تعتبر مناطق مهمة للصيد .

(٥) تساهم التيارات البحرية كذلك في تشكيل السواحل التي تمر بها ، حيث أنها تقوم بنقل الرواسب التي قد تحملها الأنهار والرياح من اليابس إلى البحر أو التي تتفتت بفعل التجوية أو بفعل الأمواج وترسبها في الأماكن التي تهدأ فيها حركة الماء . والمعناد هو أن تنقل الرواسب من أمام السواحل البارزة وترسب في الخلجان أو أمام السواحل المتقهقرة التي تهدأ فيها حركة الماء .

وهذه العمليات لها علاقة بإنشاء الموانئ على السواحل التي تمر بها لليارات البحرية حيث تنشأ هذه الموانئ عادة في الأماكن التي يمل فيها الارساب ، ففي شمال مصر مثلا نشأت ميناء الاسكندرية إلى الغرب من مصب نهر النيل حيث أن التيار البحري يمر بساحل مصر الشمالي من الغرب إلى الشرق ، فلو أنشئت الميناء إلى الشرق من مصب النهر لتعرضت باستمرار لارساب المواد الطليسية التي تأتي بها إلى البحر . ومن هذا يقال عن ميناء ليون التي نشأت على الساحل الجنوبي لفرنسا إلى الشرق من مصب نهر الرون ، حيث أن التيار الذي يمر أمام هذا الساحل يأتي من الشرق .

الباب الرابع

العوامل التكتونية (الباطنية)
التي تساهم في تشكيل سطح اليابس

الفصل العاشر - الحركات العكسوية البطيئة .

الفصل الحادي عشر - الحركات العكسوية المفاجئة (أ) الزلازل .

الفصل الثاني عشر - الحركات العكسوية المفاجئة (ب)

الثورات البركانية .

الفصل العاشر

الحركات التكتونية البطيئة

TECTONIC MOVEMENTS

تمهيد عام : عوامل تشكيل سطح اليابس :

نقسم العوامل التي تتدخل في تشكيل سطح اليابس إلى مجموعتين كبيرتين هما :
أولا ، عوامل تكتونية Tectonic (أو باطنية) مرتبطة بحركات باطن الأرض . وهي تؤدي إلى حدوث حركات معبأنة في القشرة . وتؤدي هذه الحركات بدورها إلى خلق أشكال تضاريسية مختلفة . وهي تنقسم إلى نوعين كبيرين هما :

أ - حركات بطيئة لا تظهر نتائجها إلا بمرور مئات الآلاف من السنين وقد حدثت كلها تقريبا خلال العصور الجيولوجية المختلفة ولم تعد تظهر لها في الوقت الحاضر إلا آثارا محدودة في أماكن قليلة ، وهذه الحركات هي المسئولة عن نشأة معظم المظاهر التضاريسية الكبرى التي تتكون منها تضاريس المرتبة الأولى (المحيطات والارارات) ومعظم تضاريس المرتبة الثانية وأهمها النشاطات الجبلية والمضاب الكبرى الموجودة في النارات المختلفة . وهناك نوعان من هذه الحركات أحدهما عبارة عن حركات رأسية تأثرت بها مناطق شاسعة ، وترتب عليها ظهور مناطق واسعة من قيعان البحار وتحولها إلى أراض متسعة أو هبوط مناطق واسعة من اليابس وتحولها إلى محيطات أو بحار كبيرة . ويطلق على هذا النوع من الحركات اسم الحركات البانية للارارات Continent building movements (أو Kndogenetic movements) أما النوع الثاني فعبارة عن حركات أفقية يترتب عليها انتناء طبقات القشرة . وهذه الحركات

هي التي كونت معظم السلاسل الجبلية الكبرى في العالم ولذلك فقد أطلق عليها اسم الحركات البانية للجبال Mountain building movements (أو Orogenetic movements).

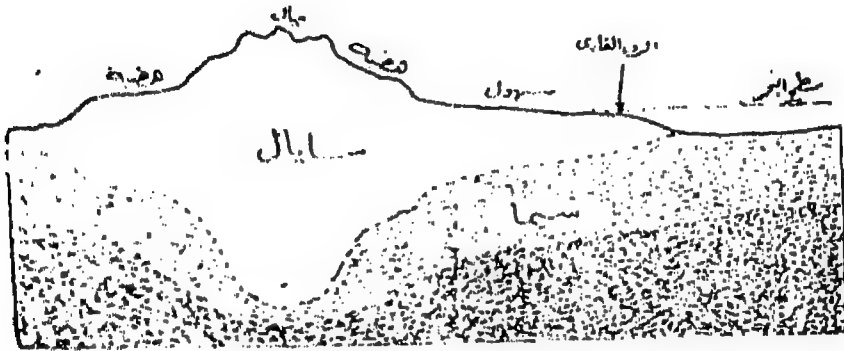
ب - حركات سريعة أو مفاجئة وتشمل الحركات الزلزالية أو حركات المبط أو الارتفاع التي تصاحبها ، وحركات انزلاق بعض طبقات القشرة على بعضها الآخر ، وقد تكون هذه الحركات سببا في حدوث الزلازل أو تكون نتيجة من نتائجها . وتعتبر الثورات البركانية كذلك نوما من أنواع الحركات الأرضية المفاجئة .

لذا ، عوامل خارجية ليست لها علاقة بباطن الأرض أو بحركات القشرة ولكنها ترتبط بالمظاهر التي تحدث في الأغلفة الظاهرة للكرة الأرضية وأهمها الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي . وهذه العوامل كثيرة ومتنوعة ولكنها تنحصر في مجموعتين رئيسيتين هما : عوامل التجوية Weathering التي تقوم بتفكيك الصخور وتفتيتها ، ثم عوامل التعرية Denudation (أو Erosion) التي تقوم بعمليات مخلفة تؤدي إلى التآكل والهدم في بعض المناطق وإلى الارتفاع والبناء في مناطق أخرى . وأهم هذه العوامل هي الرياح والمياه الجارية ومياه البحار والجليد ، وسنذكر عليها في فصول قادمة .

توازن قشرة الأرض : Isostasy of the Earth's Crust

في سنة ١٨٨٩ اقترح الباحث الجيولوجي الأمريكي داتون G.H. Dutton نظريته التي حارل أن يفسر بها الطريقة التي تتوازن بها كتل اليابس المكونة من السايال SIAL فوق طبقة السيماء SIMA . وقد اشتهرت هذه النظرية باسم « نظرية التوازن Theory of Isostasy » . وقد أدخل هذا التعبير في دراسة قشرة الأرض بعد أن أثبتت دراسات الزلازل والمغناطيسية أن كتل السايال التي تتكون منها كتل اليابس والتي يتألف متوسط كتلتها ٢٧٧ تتعمق في طبقة

السيا التي يبلغ متوسط كثافتها ورسم إلى أعماق تتناسب طردياً مع أحجامها ، وإن هذا التعمق هو الذي يؤدي إلى بقائها في حالة توازن بنفس الطريقة التي تعوازن بها الأجسام المختلفة التي تطفو فوق سطح السوائل ، فكلما كان الجسم ثقيلًا كان الجزء الغاطس منه في السائل كبيراً . ونظراً لأن مواد السيا شديدة الصلابة جداً فإن تعمق كتل السايال فيها يحدث ببطء شديد وتستغرق عمليات التوازن في هذه الحالة وقتاً طويلاً جداً بخلاف ما يحدث عند توازن الأجسام التي تطفو فوق السوائل .



شكل (٦٣) نظرية التوازن

وبناء على نظرية التوازن فإن كتل اليابس تتعمق في طبقة السيا إلى أعماق تتناسب مع أحجامها وأوزانها ، ولذلك فإن هذا التعمق يكون كبيراً في مناطق الجبال منه في مناطق السهول أو المنخفضات ، وكلما زادت ضخامة الجبال كان تعمقها أكبر . وتكون الأجزاء المتصلة في السيا بمثابة جذور تحفظ لهذه الجبال أو لكتل اليابس عموماً توازنها ، وقد يصل امتداد هذه الجذور إلى حوالي ٤٠ كيلو متر في السيا . وهذا هو ما يحدث في مناطق الجبال الشاهقة الكبرى في مختلف القارات . أما في المناطق السهلية فإن هذا التعمق يكون محدوداً جداً بسبب قلة سمك طبقة السيا وصغر وزنها بالنسبة لهما في مناطق الجبال .

وطى أساس هذه النظرية يمكننا أن نتصور ما يحدث إذا استطاعت مواصل
العمرية أن تعمود منطقة جبالية وتنقل تكويناتها إلى منطقة أخرى ، إن الذى
يحدث فى هذه الحالة هو أن المنطقة التى تراكت عليها التكوينات تهبط تدريجياً
بسبب النقل الواقع عليها فيزداد تبعاً لذلك العمق الذى تعمل إليه جذورها فى
طبقة السيليا بينما يتناقص عمق جذور المنطقة التى أزيلت تكويناتها فى طبقة
السيليا بسبب تناقص حجمها ووزنها . ومعنى ذلك أن هناك عمليات توازن
مستمرة فى قشرة الأرض ، وأن هذه العمليات مرتبطة بما يطرأ على السطح
من تغيرات بسبب عمليات التآكل والترسب أو بسبب أى عوامل
أخرى . ومع ذلك فإن عمليات التوازن التى تعقب هذه التغيرات تكون غالباً
بطيئة جداً بحيث لا تظهر آثارها إلا بمرور آلاف السنين . وذلك بسبب
شدة صلابة السيليا ، ولهذا فإن ظهور نتائج عمليات التوازن يختلف من ظهور
نتائج النقل والترسب بوقت طويل .

وقد صادفت نظرية التوازن كثيراً من النجاح منذ ظهورها خصوصاً
وأنها استطاعت أن تقدم تفسيرات مقبولة لبعض الظواهر الطبيعية التى كان
من الصعب تفسيرها قبل ذلك ومن أمثلتها ما يأتى : -

(١) أن الأبحاث الجيولوجية وعمليات مسح الأراضي فى المناطق الجبلية
أوضحت أن قوة جذب الجبال لثقل الغاطسي أقل مما كان مقدراً لها (حتى
مع الأخذ بعين الاعتبار أن السايال التى تتكون منها الجبال قليلة الكثافة وقليلة
الجاذبية نسبياً) ، والمعروف أن الثقل الغاطسي يتأثر فى المناطق الجبلية بالقوى
إحداها هى قوة الجاذبية الأرضية التى تجذبه رأسياً والثانية هى قوة جذب
الجبال التى تشده أفقياً ، فينعرف عن الاتجاه الرأسى بزاوية كانت
المفروض أن تكون متناسبة مع حجم الجبال . ولم يكن من السهل ، قبل
ظهور نظرية التوازن ، معرفة السبب فى صغر زاوية الانحراف عما كان

مقدراً ، أما بعد ظهور هذه النظرية فقد أمكن تفسير هذه الظاهرة على أساس أن كعل السقيل التي تتكون منها الجبال لا تقتصر على الجزء الذي يظهر منها على السطح بل إنها تشمل كذلك العيون التي تقع في السيا والتي تؤدي ، بسبب قلة كثافتها نسبياً ، إلى قليل الجاذبية الأفقية عما كان يمكن أن يحدث لو أن السيا كانت ممتدة بدون انقطاع تحت الجبال حتى السطح .

(٢) أن أقدم الطبقات الرسوبية التي تتكون منها دلتاوات بعض الأنهار مثل نهر المسيسيبي ونهر النيل قد وجدت على أعماق كبيرة جداً بحيث يصعب التصور بأنها أرسبت فيها . ولكن من الممكن تفسير ذلك على أساس نظرية التوازن ، بأن التراكم المستمر للرواسب هو الذي أدى بمرور الزمن إلى تزايد الثقل الواقع على الطبقات القديمة وإلى هبوطها بالتدريج إلى مستوى أدى من المستويات التي أرسبت فيها في المراحل الأولى لتكون الدلتا .

الانتشاءات القشرة الأرضية

Folds of the Earth's Crust

اسبابها :

المقصود بالانتشاء (Folding) القشرة هو تقوسها إلى أعلى أو إلى أسفل نتيجة لتعرضها لضغوط جانبية ، ويحدث الانتشاء عادة في طبقات الصخور الرسوبية بسبب مرونتها اللدنية التي تسمح لها بالانتشاء ، وخصوصاً إذا كانت حديثة التكوين ، أما الصخور البارية والمتحولة فإن شدة صلابتها لا تسمح لها بالانتشاء إلا بدرجة محدودة ولذلك فإنها غالباً ما تتصدع إذا تعرضت لضغوط شديدة . وقد يحدث الانتشاء في الطبقات الصخرية إما نتيجة لتعرضها لضغط جانبي من اتجاهين متضادين أو نتيجة لتعرضها لضغط جانبي من اتجاه واحد بينما تقف في طريقها من الجانب المقابل كتلة صلبة قديمة لا تسمح لها بالتحزح أمام الضغط الجانبي . وعندما تنشئ الطبقات

الصخرية فإن قطاعات منها تنفوس إلى أسفل وتتكون منها ثنيات (١) مقعرة Synclines بينما تنفوس قطاعات أخرى إلى أعلى وتتكون منها ثنيات محدبة Anticlines . ولكل ثنية من الانثناء محور Axin ومستوى محوري Axial plane وجانبان (أو طرفان) Limbs والمقصود بالمحور هو الخط الذي يمد على طول قمة الثنية المحدبة أو على طول قاع الثنية المقعرة ، أما المستوى المحوري فهو المستوى الذي ينصف الزاوية التي بين جانبي الثنية (شكل ٦٤) . وتأخذ الثنيات أشكالاً مختلفة على حسب قوة الضغط واتجاهه وبسلك الطبقات ونظامها وقوة مقاومتها وتباين هذه المقاومة من طبقة إلى أخرى أو من موضع إلى آخر ، ولذلك فقد قسمت الثنيات عموماً إلى عدة أنواع أهمها هي :

(١) الثنية البسيطة المتماثلة Simple or Symmetrical fold ، وفيها تكون زاويتا ميل الطبقات على جانبيها متساويتين ، كما تظل طبقاتها محافظة على نظامها الأصلي .

(٢) الثنية البسيطة غير المتماثلة Asymmetrical fold ، وهي ثنية بسيطة كذلك إلا أن زاوية ميل أحد جانبيها تكون أكبر نوعاً ما من زاوية ميل الجانب الآخر .

(٣) الثنية وحيدة الجانب Monocline ، وهي ثنية يشتد ميل الطبقات في جانب واحد من جانبيها بينما تظل الطبقات أفقية تقريباً أو مائلة قليلاً غير واضح في جانبيها الآخر .

(١) يطلق بعض الكتاب العرب على الثنية لفظ طية أو التواء وكلمة الانطاط ذات مدلول واحد ، ولذا رأينا أن اللفظ الأول « ثنية » هو أقرب الالفاظ الثلاثة إلى وصف ما يحدث فعلاً في الطبقات الصخرية

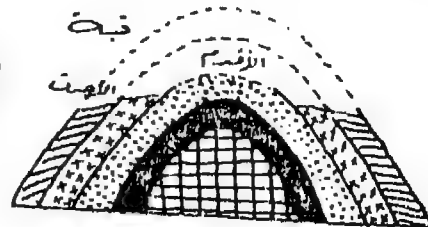
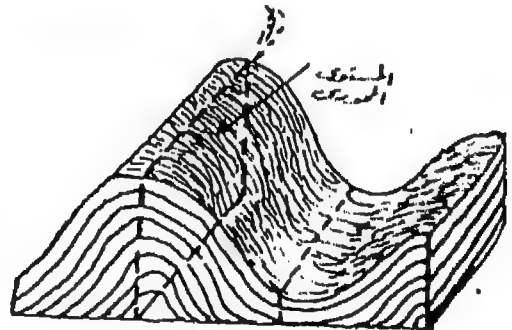
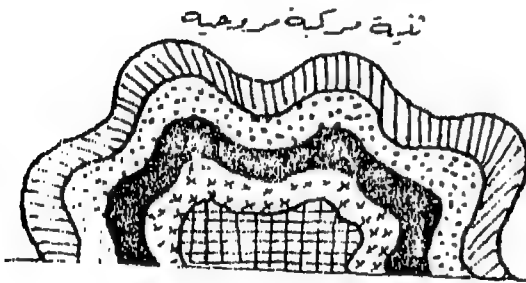
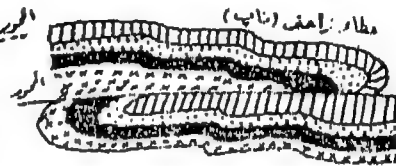
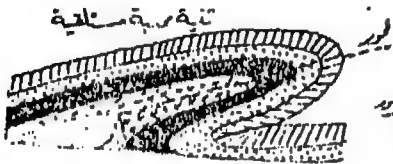
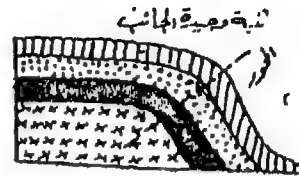
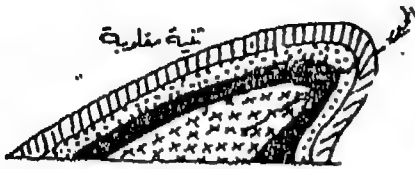
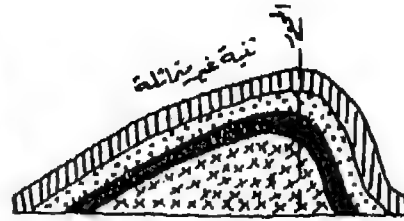
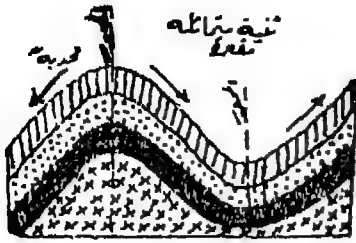
(٤) الثنية المقلوبة *Overtured fold* ، وفيها يشتد ميل طبقات أحده الجانبين بحيث تزيد زاوية هذا الميل من ٩٠° .

(٥) الثنية المستطوية (أو المبطجة) *Recumbent fold* ، وفيها يستلقي أحد الجانبين على سطح الأرض تماما بحيث يستغنى تحت الجانب الآخر . وفي هذه الحالة يستغل ترتيب الطبقات في الجانب الأسفل بحيث تقع الطبقات الحديثة تحت الطبقات الأقدم منها .

(٦) الثنية الزاحفة (*Nappe*) (أو المغطاء المسخري الزاحف) ، وهو عبارة عن الجانب العلوي من ثنية مستاقية اضطره الضغط الجانبي الشديد إلى الانفصال عن بقية الثنية والزحزح بعيدا عنها ، حيث تؤدي زيادة الضغط الجانبي إلى تصدع الثنية عند محورها وفصل جانبها الأعلى عن جانبها الأسفل . وكلمة *Nappe* كلمة فرنسية معناها غطاء . وسنعود للإشارة إلى هذه الظاهرة مرة أخرى عند الكلام على الصدوح .

(٧) الثنية المركبة *Composite fold* ، وهي ثنية كبرى تضم بداخلها ثنيات صغيرة نسبيا ، وهي تتكون عندما تعرض منطقة شاسعة سبق أن تكونت بها مجموعة من الثنيات للانثناء مرة أخرى ، وقد تشغل الثنية التي من هذا النوع عدة آلاف من الكيلو مترات المربعة ولذلك فإنها تشتهر باسم الثنيات الكبرى أو الافليمية ، ومنها ما تكون محدبة *Geanticline* ومنها ما تكون مقعرة *Geosyncline* . وقد تكونت بعض البحار الكبيرة ومنها البحر المتوسط في ثنية مقعرة من هذا النوع وقد تأخذ الثنية المركبة المحدبة في بعض الأحيان شكلا مروحيا واضحا (أنظر شكل ٦٤) .

(٨) الثنية المنحدرة *Pitching fold* ، وفيها لا يكون محور الثنية أفقيا بل يكون مائلا على الاتجاه الأفقي سواء من ناحية واحدة أو من ناحيتين . ويطلق على الزاوية التي يستقيمها المحور مع الاتجاه الأفقي اسم زاوية الانحدار .



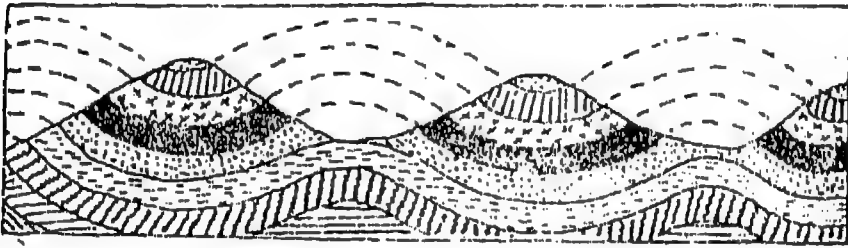
شكل (١٤) أم أشكال التغيرات

٩) القبة Dome والحوض Basin ، وهما تركيبان جيولوجيان يمثل الأول منها تنية محدبة بينما يمثل الثاني تنية مقعرة. وهما يشتركان في أن طبقات الصخور تكون مرتبة في كل منها بشكل حلقات حول المركز ، ولكن مع فارق رئيسي وهو أنه لو أخذ قطاع أنفي في كل منهما ، أو إذا أزيلت التعرية أعلى كل منهما فإن مكاشف أحدث الطبقات في القبة تكون موجودة على الأطراف وتليها الأقدم فالأقدم كلما اتجهنا نحو الوسط الذي توجد به أقدم الطبقات ، ويطلق على هذا التتابع في علم الطبقات تعبير « قديم Inlier » أما في الحوض فإن ترتيب مكاشف الطبقات يكون على العكس من ذلك بمعنى أن مكاشف أقدم الطبقات توجد على الأطراف وأحدثها في الوسط ، ويطلق على هذا التتابع تعبير « حديث Outlier » .

تغير معالم التنيات وانعكاس التضاريس :

بمجرد ظهور التنيات أيا كان نوعها على سطح الأرض فإن عوامل التجوية وعوامل التعرية ، وخصوصا المياه الجارية والجليد والرياح تتعاون على تسوية سطحها بالتدريج ، حيث أنها تعمل باستمرار على نحت وتفتيت الأجزاء الظاهرة من التنيات المحدبة ونقل وادما إلى التنيات المقعرة فيأخذ سطح الأولى في الانخفاض بينما يأخذ سطح الثانية في الارتفاع . وبمرور الزمن يميل سطح المنطقة كلها إلى الاسعواء . وتستغرق هذه العمليات عادة أزمنة طويلة جدا قد تصل إلى عشرات الملايين من السنين ، وخصوصا إذا كانت التنيات المحدبة كبيرة الحجم (مثل التنيات التي تتكون منها الجبال الشاهقة) وكانت صخورها شديدة الصلابة . وحتى بعد أن تتم تسوية سطح المنطقة فإن عوامل التعرية قد تستمر في نقل المواد الصخرية من أماكن التنيات المحدبة وتكويها في أماكن

الفتيات المقعرة، ويتمى الامر بأن تتحول مناطق الفتيات المحدبة إلى أحواض منخفضة بينما تتحول مناطق الفتيات المقعرة إلى مناب مرتفعة نسبيا . ويطلق على هذه الظاهرة اسم ظاهرة انعكاس التضاريس *Converision of relief* . وهي ظاهرة قليلة الحدوث ولا توجد إلا في مناطق الجبال الانثنائية القديمة التي مرت على تكوينها مئات الملايين من السنين ومنها مناطق الجبال الموجودة في شمال غرب أوروبا (أنظر شكل ٦٥) .



شكل (٦٥) انعكاس التضاريس

ولكن مما حدث من تغير في مظاهر السطح فإن الاستدلال على وجود الفتيات المحدبة أو الفتيات المقعرة يظل أمرا ميسورا بواسطة الجيولوجيين الذين يمكنهم أن يحددوا نوع الفتيات على أساس ميل طبقات الصخور وترتيبها الزمنى حتى أنه من الممكن إعادة تصور الشكل الذى كانت عليه الفتيات قبل أن تغنى معالمها الظاهرية .

المرمات الانثنائية الكبرى خلال العصور الجيولوجية :

إن الانثناءات الكبرى التي تعرضت لها قشرة الأرض خلال العصور الجيولوجية المختلفة هي أم نتائج العوامل التكتونية التي ساهمت في تكوين

الأشكال التضاريسية العسكرية وأهمها الجبال الانشائية (الالوالية) التي تشغل نطاقات ضخمة في مختلف القارات . وقد هليت هذه الجبال على ثلاث مراحل رئيسية تعرضت قشرة الأرض خلالها إلى حركات تكتونية متتالية لم يقصر أثرها على حدوث الانثناءات الكبرى بل صاحبها كذلك كثير من النشاط البركاني وكثير من التعديح في بعض المناطق . ونظراً لمتن الحركات التكتونية التي حدثت في هذه المراحل فقد أطلق عليها بعض الباحثين تعبير « الثورات التكتونية » . ولتمييز المراحل الثلاث لهذه الحركات فقد سميت كل منها باسم منطقة من المناطق الجبلية التي تكونت أثناءها في قارة أوروبا ، لأنها هي القارة التي أجريت فيها معظم الأبحاث المتعلقة بانشاء الجبال وتطورها . وقد حدثت هذه الحركات في ثلاثة أزمنة جيولوجية هي الزمن الأول والزمن الثاني والزمن الثالث ، وكانت تفصل بعضها عن بعض ملايين من السنين . ومعنى ذلك أن الجبال التي كونها حركات الزمن الأول قد مضى عليها منذ نشأتها حتى الآن أكثر من مائتا مليون سنة . وخلال هذا العمر الطويل لم تتوقف عوامل التجوية أو عوامل التعرية عن إذالتها وتغيير معالمها ولذلك فقد فقدت معظم ارتفاعها وتحولت إلى تلال قليلة الارتفاع أو سهول منخفضة ، بل إن التضاريس قد انعكست في بعض أجزائها . إلا أن بعض هذه المناطق ما لبثت أن تعرضت في مراحل تالية لحركات تكتونية أخرى أعادت إليها بعض ارتفاعها . أما الجبال التي نشأت نتيجة لحركات الزمن الثالث فإن عمرها يتراوح بين مليونين وخمسة عشرة مليون سنة فقط ، وهو عمر قصير نسبياً ، ولذلك فإن عوامل التعرية لم تهدم الوقت الكافي لإزالتها أو حتى التقليل كثيراً من ارتفاعاتها فبقيت لهذا السبب محفوظة ارتفاعها وعظم ارتفاعها وأصبحت تمثل في الوقت الحاضر أعظم

النطاقات الجبلية فى العالم ويطلق عليها عموماً اسم «الجبال الانثنائية الحديثة» ، أو «الانثناءات الألبية» أو «الحركات الألبية» نسبة الى جبال الألب التى تنتمى إليها .

والحركات التكتونية الرئيسية التى حدثت فى الأزمنة الجيولوجية المذكورة هى :

أولاً - الحركات الكاليدونية Calidonian Movements : وقد سميت بهذا الاسم نسبة الى مرتفعات كاليدونيا فى شمال اسكتلندة ، وقد حدثت معظم هذه الحركات فى أواسط الزمن الجيولوجى الأول وخصوصاً فى العصر السيلورى والعصر الديقونى . وتوجد الجبال التى تكونت بسببها فى معظم القارات وأشهرها هى مرتفعات شمال اسكتلندة وبعض مرتفعات شمال غربى إنجلترا وبعض مرتفعات غربى ويلز وشمال أيرلندة ومرتفعات اسكتلندة ومرتفعات شمال أيرلندا وفى أمريكا الشمالية بدأ بناء مرتفعات الأبلاتش بواسطة هذه الحركات ثم اكتمل بواسطة الحركات التالية وهى الحركات الهرسينية . وفى استراليا يظهر هذا النوع من الجبال فى مقاطعة سوذ ويلز . وفى أمريكا الجنوبية يظهر فى الاطراف الشرقية لهضبة البرازيل . وفى افريقيا يمثلها بعض مرتفعات جواررة فى الصحراء الكبرى .

ثانياً - الحركات الهرسينية Hercynian Movements : وقد سميت بالهرسينية نسبة الى مرتفعات الهارتز فى ألمانيا ، حيث أنها تمثلها أحسن تمثيل وهى نفس الحركات التى يطلق عليها فى بريطانيا وغرب فرنسا اسم «الحركات الأرموريكية Armorican M.» أو «الحركات الفاراسكية Variscan M.» . وقد حدثت خلال القسم الأعلى من الزمن الجيولوجى الأول ، وخصوصاً فى العصر الفحمى والعصر البرمى ، فهى أحدث من الحركات الكاليدونية ببضع عشرات الملايين من السنين ، وتوجد الجبال التى تكونت بسببها فى معظم القارات الى الجنوب من المرتفعات الكاليدونية . وهى غالباً أكثر منها ارتفاعاً بسبب حدوثها النسبية من جهة ويسبب تعرضها فى عصور لاحقة لحركات رفع جديدة

من جهة أخرى . وأهم الجبال التى تنتمى إليها هى جبال جنوب أيرلندة وجنوب ويلز وجنوب غرب المجلترا ، فى إقليم كورنول . وجبال غرب أوروبا ووسطها مثل هضبة فرنسا الوسطى وهضبة بوهيميا وجبال السوديت والفوج والغابة السوداء . وبعض مرتفعات اسبانيا وخصوصاً الهضبة الانكسارية الوسطى او الميزيتا ومرتفعات بريتى فى شمال غرب فرنسا وجبال اورال . وتمثلها فى اسيا كثير من جبال أرمنيا وبعض جبال آسيا الصغرى وجبال إقليم بيكال وجبال خنجان وتيان وشان وبعض مرتفعات الصين مثل مرتفعات تسن لون ، كما تتمثل فى أرخبيل الملايو وبعض جزر اندونيسيا مثل جزيرة جاره وجزيرة بورنيو وفى استراليا تنتمى إليها معظم الجبال الشرقية . وفى أمريكا الشمالية يتكون منها نطاق يمتد فى شرق القارة الى الجنوب من نهر سنت لورانس ، ويشمل معظم مرتفعات الابلش وفى أمريكا الجنوبية يوجد بعضها فى شمال باتاجونيا حيث تمثلها سلاسل سيراكور دوبا وسيرا فتانا ، كما انها ساهمت فى بناء مرتفعات الابلش .

ثالثاً - الحركة الألبية Alpien Movements : وهى أحدث الحركات الرئيسية التى تعرضت لها قشرة الارض . وقد بدأت مقدمتها فى أواخر الزمن الجيولوجى الثانى وبلغت أوجها فى الزمن الثالث ثم استمرت بعض ذيلها فى اوائل الزمن الرابع . ونظراً لحداثتها ولأن الجبال التى نشأت بسببها تمثل أعظم مظاهر التضاريس فى الوقت الحاضر فقد كان اهتمام الباحثين بدراستها اكبر من اهتمامهم بالجبال القديمة وقد تبين انها تتباين فيما بينها تبايناً واضحاً على حسب العصر الذى تكونت فيه ولذلك فإنها تقسم الى ثلاثة أقسام هى الجبال الالبية القديمة التى نشأت فى أواخر الزمن الثانى وأوائل الزمن الثالث والجبال الالبية المتوسطة التى نشأت فى أواسط الزمن الثالث ثم جبال الالبية الحديثة التى نشأت فى أواخر هذا الزمن واستمرت ذيلها فى أوائل الزمن الرابع .

وتوجد الجبال الالبية فى الوقت الحاضر فى نطاقات ضخمة تتفق مع ما يعرف بإسم نطاقات الضعف فى قشرة الارض ، وهى النطاقات التى ظلت حتى وقت

قريب عرضة للحركات التكتونية بل وما زالت حتى الآن معرضة لمثل هذه الحركات ، كما يدل عليها توزيع مناطق البراكين . وقد تكونت الجبال الإلتوائية الحديثة من طبقات الرسوبية الضخمة التي تراكتت بمرور الزمن في قاع بعض البحار الداخلية القديمة التي كانت تفصل الكتل القارية الصلبة القديمة بعضها عن بعض ومن أهمها بحر تيثيس وبحر الروكي . ففي العالم القديم تمتد الانشاءات الألبية بين الشرق والغرب في نطاق ضخم يبدأ من سواحل المحيط الأطلسي في غرب أوروبا وشمال أفريقية ويشمل جبال الأطلس في أفريقيا ، وجبال الألب والسلاسل الجبلية المتصلة بها في أوروبا ، ويواصل امتداده في آسيا ليشمل أهم السلاسل الجبلية المرتفعة في آسيا الصغرى والقوقاز وإيران وأفغانستان وسلاسل جبال هيمالايا وإمتدادها في برما والملايو وجزر اندونيسيا وجزر صوندا . وهو يلتقي هنا بنطاق آخر يمتد نحو الشمال في شرق آسيا وفي الجزر القريبة من سواحلها الشرقية مثل جزر الفلبين وجزر اليابان . وفي العالم الجديد تشغل الإنشاءات الألبية نطاقاً يمتد لبضعة آلاف من الكيلو مترات في غرب الأمريكتين ويشمل سلاسل جبال روكي وسلاسل جبال الأنديز .



شكل (٦٦) توزيع الكتل الصلبة والجبال الإلتوائية في العالم

الصدوع (أو الانكسارات)

FAULTS

ماهيتها وأسبابها :

كثيرا ما تلوى الحركات الأرضية إلى حدوث صدوع مختلفة الأحجام والاتجاهات في الصخور بمختلف أنواعها ، ويطلق على هذه الصدوع كذلك تسمية « الانكسارات » أو « الميوب » . ويكون الصدع (أو الانكسار) مصحوبا في غالب الأحيان بانزلاق في الطبقات التي توجد على جانبيه بحيث ينقطع امتداد هذه الطبقات فتظهر الطبقات الصغيرة على أحد جانبيه في مستويات مختلفة من مستوياتها على الجانب الآخر . وعلى الرغم من أن حركات الانزلاق في أغلب الصدوع تكون من أعلى إلى أسفل أو العكس إلا أنها قد تكون في بعض أنواعها في اتجاه جانبي .

وكما هي الحال بالنسبة للانثناءات فإن الصدوع بمختلف أنواعها تنشأ نتيجة للحركات التكتونية المختلفة ، سواء منها الحركات البطيئة أو الحركات المريعة والمفاجئة . ويجب ألا نخلط بين الصدوع وبين المفاصل Joints والشقوق cracks التي توجد بكثرة في كتل الصخور بمختلف أنواعها والتي تكون بسبب تقلص الصخور أثناء جفافها أو برودتها ثم تساعد عوامل التعرية وعوامل التجوية على توسيعها أو على ملئها بالرواسب في بعض الأحيان . وكثيرا ما تقاطع المفاصل والشقوق بعضها مع بعض فتؤدي إلى تقسيم الكتلة الصخرية إلى قطع متراصة قد تأخذ أشكالا خاصة كما يحدث في كثير من الصخور النارية والصخور الرسوبية (راجع شكل ٣١) .

أجزاء الصدع :

تستخدم عند دراسة الصدوع عدة تعبيرات من أهمها :

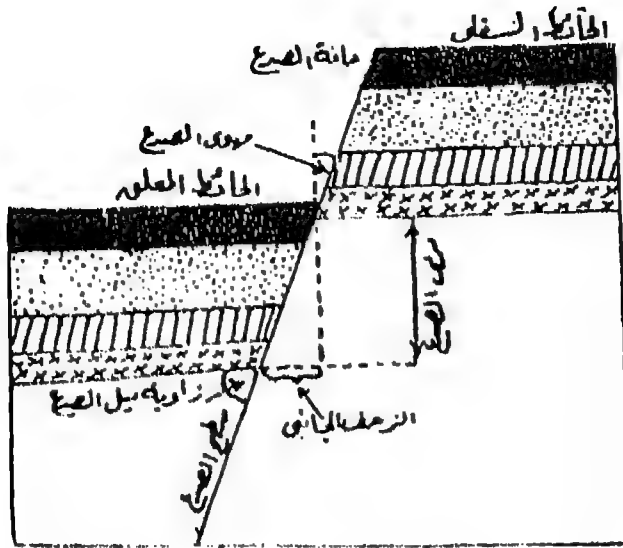
١ - سطح الصدع Plane of Fault ، وهو السطح الذي يحدث فيه الانزياح والذي تنزلق على طول طبقات الصخور . وعندما يكون هذا السطح مائلا يكون له الجانبان أحدهما هو الحائط المعلق Hanging Wall ويقصد به كتلة الصخور الملاصقة لسطحه العلوي والثاني هو الحائط السفلي Foot Wall ويقصد به الكتلة الملاصقة لسطحه السفلي .

٢ - رمية الصدع Throw of Fault - وهي المسافة الرأسية التي تنفجر بها منسوب الطبقات على جانبي الصدع ، وهي تختلف من بضع سنتيمترات إلى مئات من الأمتار ، ويطلق تعبير الرمية إلى أسفل Downthrow على المسافة التي تحركها أحد الجانبين إلى أسفل ، وتعبر الرمية إلى أعلى Uphrow على المسافة التي تحركها أحد الجانبين إلى أعلى .

٣ - ميل الصدع Dip of Fault ، وهو الزاوية المحصورة بين سطح الصدع والستوى الأفقي . ويمكن أن يحسب ميل الصدع كذلك على أساس الزاوية المحصورة بين سطحه وبين المستوى الرأسي . ويطلق على هذه الزاوية تعبير Hade of Fault (أو رموى الصدع) .

٤ - الزحف الجانبي Heave of Fault ، وهو المسافة الأفقية التي زحفتها الطبقات على جانبي الصدع .

٥ - الحافة الصدعية Fault Scarp ، وهي الحافة الصخرية التي تقلل الجزء الظاهر من سطح الصدع .



شكل (٦٧) أجزاء الصدع

أنواع الصدوع :

نظرا لتنوع القوى والعوامل التي تدخل في عمليات التصدع ، كما سبق أن ذكرنا ، فإن الصدوع تأخذ أشكالا مختلفة ، ولذلك فإنها تقسم إلى عدة أنواع أهمها ما يأتي :

١ - الصدع العادي Normal Fault : وهو أكثر الأنواع وجودا ، وهو يحدث غالبا بسبب الشد العنيف ، ولذلك فإنه يعرف أيضا بصدع الشد Tension Fault ، ويتربط على مثل هذا الصدع اتساع المنطقة المتأثرة به نتيجة لانزلاق حائطه المعلق وحائطه السفلي ، ويتوقف مقدار هذا الانساع على عاملين هما مقدار زاوية ميل الصدع ومقدار رميه ، والمعتمد هو أن تكون رمية جانبه المعلق إلى أسفل بينما تكون رمية جانبه السفلي إلى أعلى .

٢ - الصدع المعكوس Reverse Fault : وهو يحدث نتيجة لعارض المنطقة لضغط جانبي شديد ولذلك فإنه يعرف كذلك بـ « بصدع الضغط »

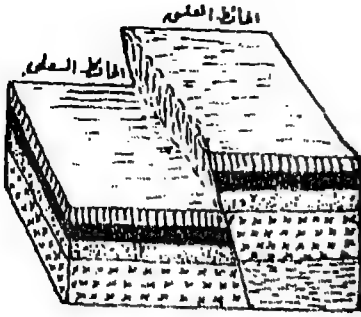
Compression Fault ، وفيه تكون رمية الحائط المعاك إلى أعلى بينما تكون رمية الحائط السفلى إلى أسفل ويترتب على ذلك نقص في المسافة الأفقية للمنطقة التي حدث بها الصدع ، وهذا عكس ما ينجم عن الصدع العادي .

٣ - الصدوع المتدرجة أو السلمية Step Faults : وهي عبارة عن مجموعة من الصدوع المتوازية التي نرمي كلها في اتجاه واحد وتؤدي إلى ظهور سطح الأرض بشكل درجات ، ويسمى في ذلك إن كانت الصدوع مادية أو معكوسة .

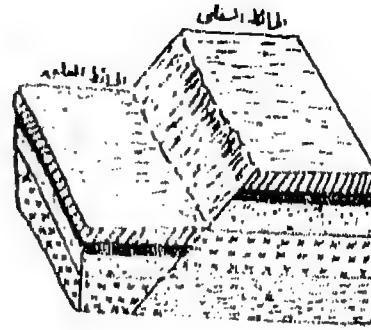
٤ - الصدع الزاحف (أو الغشاء) Overthrust Fault : وهو يمثل مرحلة تالية للصدع المعكوس ، ويحدث نتيجة لزيادة الضغط الجانبي بدرجة تؤدي إلى زحف الحائط المعاك فوق الحائط السفلى ، وفي هذه الحالة تختفي بعض الطبقات الحديثة تحت طبقات أقدم منها . وقد يحدث الصدع الزاحف كذلك نتيجة لزيادة الضغط الجانبي على إحدى التكتلات المستقلة حيث تؤدي هذه الزيادة إلى تصدعها ، وإذا استمر تزايد الضغط فقد يؤدي إلى زحف الجانب الأعلى لهذه التكتلة واتصاله تماما من جانبيها الأسفل ، ويتكون من الجانب الزاحف في هذه الحالة ما يعرف باسم « الناب Nappe » أو (التلية الزاحفة) أو (الغطاء الصخري الزاحف) . وقد يؤدي استمرار الضغط الجانبي إلى زحف هذا الغطاء عشرات الكيلومترات . إلا أن هذه العملية بطيئة جدا وتستغرق مئات الآلاف من السنين .

ومن الواضح أن الغطاء الصخري الزاحف ، يرتبط في نشأته بحركات الانثناء وحركات الصدع مما وأن القوة الرئيسية التي تسببها الضغط الجانبي .

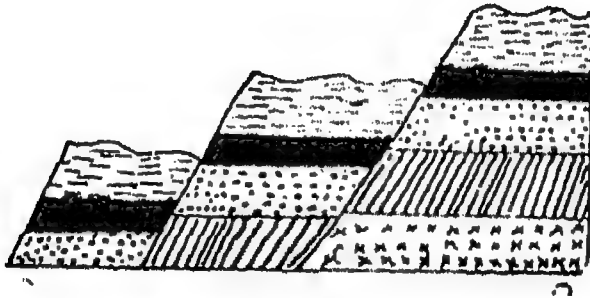
٥ - صدوع التمزق Tear Faults : وهي تختلف عن الصدوع العادية والصدوع المعكوسة في أن حركات الزحف فيها لا تكون من أسفل إلى أعلى أو العكس بل تكون غالبا في اتجاه أفقي ، بينما تكون في قليل منها في حركة دائرية . ويحدث الزحف الأفقي مادة نتيجة لتعرض قسمي معجاورين من



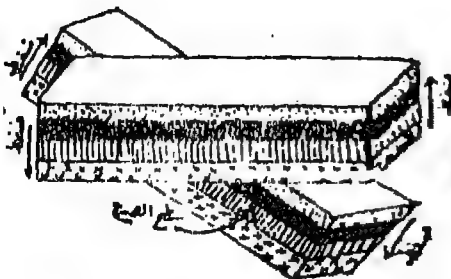
شکل (٦٩) صدع معکوس



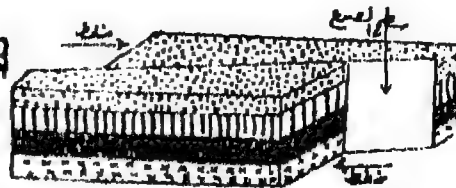
شکل (٦٨) صدع مادی



شکل (٦٣) صدوع سلیبة



شکل (٧٢) صدع دورانی



شکل (٧١) صدع تقري

التركيب الصخري لضغوط أفقية من اتجاهين متضادين ، فقد يؤدي ذلك إلى تمزق هذا التركيب ودخف جزءه منه زحفا أفقيا في اتجاه مضاد لزحف جزئه الآخر .

ويعتبر الصدع الذي يحدث في التربة المستقرة والذي يؤدي إلى تكوين القطاء الزاحف ، أو التاب Nappe ، نوما من الصدوع الزاحفة ، ولقد يحدث أن يتصدع القطاء عند دخفه بحيث يتخلف قسم منه عن بقية القطاء . ويحدث ذلك إذا ما اعترضت طريق هذا القطاء قاعدة صلبة لا يستطيع دحرجتها أو كسرها فيتخلف قسمه الأسفل بينما يستمر قسمه الأعلى في دخفه .

ويعتبر الصدع المعروف باسم الصدع الدوراني Rotational Fault نوما آخر من صدوع التمزق ، وهو يحدث إذا تحركت الصخور بشكل دائري حول محور أفقي أو رأسي ، وهذا النوع من الصدع هو الذي يؤدي غالباً إلى حدوث الهزات الزلزالية .

الأهمية الجغرافية للصدوع .:

تظهر الأهمية الجغرافية للصدوع في كثير من جوانب الدراسات الجغرافية فبالإضافة إلى أنها مظهر مهم من مظاهر سطح الأرض فإنها هي المسؤولة عن تكوين بعض المظاهر التضاريسية والأشكال الجيومورفولوجية المهمة ، كما أنها تدخل كذلك في نظام تصريف المياه السطحية وفي حركة المياه الجوفية وتكوين خزاناتها ، وفي تكوين المصائد البترولية ، وفي إظهار بعض الثروات المعدنية الموجودة في صخور القشرة . ومن الواضح أنها تؤدي كذلك إلى خلق بيئات متنوعة في مناطق حدودها . وأنها تدخل في توجيه طرق المواصلات وفي توزيع مراكز العمران وغير ذلك من مظاهر النشاط البشري ، وفيها يلي شرح موجز لأهميتها في بعض النواحي الجغرافية المذكورة .

(١) أهميتها في تشكيل سطح الأرض :

إن الصدوع في حد ذاتها تعتبر مظاهر فيزيوغرافية مهمة ، وهي تأخذ كما سبق أن بينا أشكالاً متعددة ، وبالإضافة إلى ذلك فإنها هي المسؤولة عن تكوين بعض المظاهر التضاريسية المعروفة ومن أهمها :

١ - الوديان الصدعية (أو الانكسارية) Grabon أو Rift Valleys ^(١) ، وهي تتكون نتيجة لحدوث صدعين متوازيين (أو أكثر) وهبوط الأرض بينهما ، وقد يحدث في نفس الوقت ارتفاع في الأرض الموجودة على جوانبها الخارجية وأشهر الوديان الصدعية في العالم هو الوادي الصدعي الإفريقي العظيم African Great Rift Valley ، ويبلغ طوله أكثر من ستة آلاف كيلومتر ، وهو يبدأ من بحيرة ملاوي (نياسا) في شرق القارة ويمتد شمالاً حيث ينفجر في مضيق البحيرات إلى فرعين أحدهما يجري وتقع فيه بحيرة تنجانيقا المتصلة بنهر الكونغو ، ويمرر إداراً وألبرت المتصلتان بنهر النيل ، والآخر شرقي وتقع فيه بحيرة رودولف وسلسلة من البحيرات الأخرى الصغيرة . ويواصل هذا الفرع امتداده شمالاً ليضم خليج عدن والبحر الأحمر وخليج العقبة والبحر الميت وغور الأردن ويمتد في سهل الفجر بجنوب سوريا . ويعتبر وادي نهر الراين بين مرتفعات الفوج والغابة السوداء مثلاً واضحاً كذلك الوديان الصدعية .

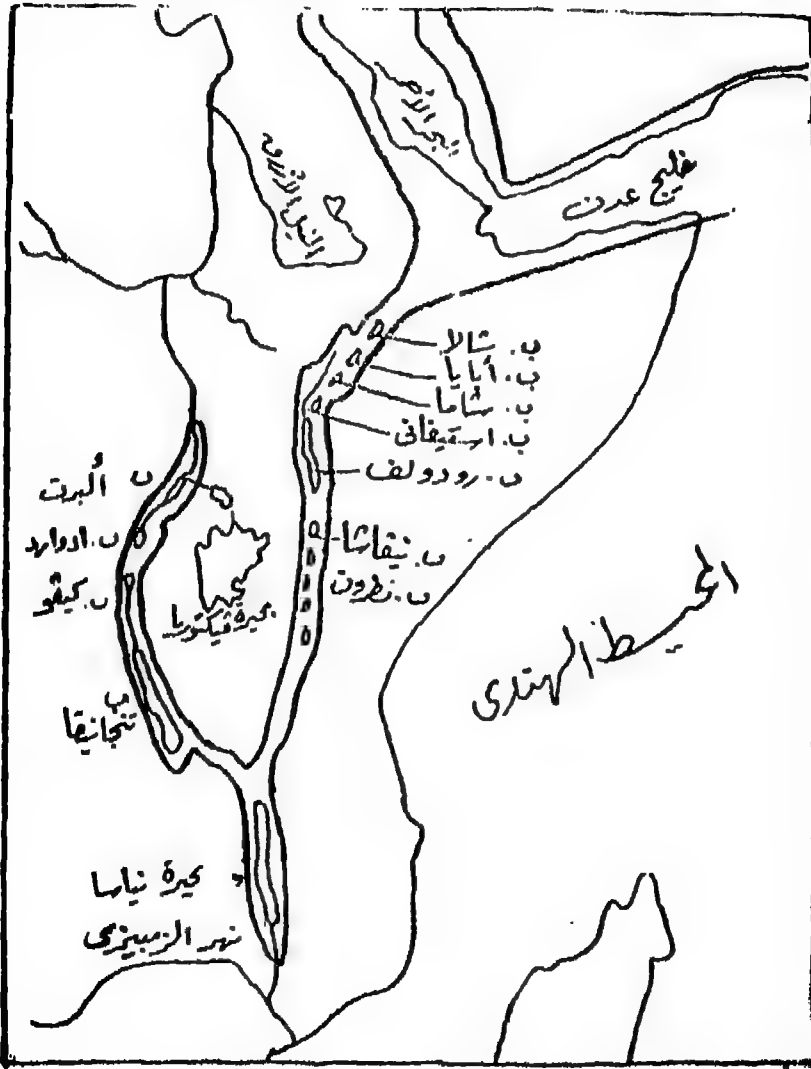
٢ - الهضاب الصدعية Horsts : وهي تنشأ نتيجة لارتفاع الأرض بين صدعين متقابلين . وقد يحدث في نفس الوقت هبوط في الأرض الواقعة على جانبيها الخارجيين ، ومعنى ذلك أن الحركات التي تسببها تكون مماكسة للحركات التي تسبب الوديان الصدعية . وقد توجد سلسلة من الهضاب والوديان الصدعية

(١) هذه السلسلة مأخوذة من أصل ألماني .



شكل (٧٤) وادي صدمي

شكل (٧٣) مضبة صدمية



شكل (٧٥) امتداد الوادي الصدمي الألفي على العظيم في شرق إفريقيا ،
وأهم البحيرات التي توجد في قاعه

متجاررة في منطقة واحدة على حسب عدد الانكسارات التي تحدث فيها .
وتعتبر منطقة الفوج والغابة السوداء وهضبة بوهيميا في وسط أوروبا من
أوضح الأمثلة على ذلك .

٣- الحافات الصدعية Fault Scarpe : ويقصد بها الحافات التي تتكون
نتيجة لرمية الصدع إلى أسفل أو إلى أعلى حيث يؤدي ذلك إلى ظهور القسم
الأعلى من سطح الصدع بشكل حافة يختلف ارتفاعها على حسب مقدار
الرمية ، وتعرف شدة انحدارها على مقدار زاوية ميل الصدع . وبمجرد
ظهور هذه الحافة فإنها تعرض لعوامل التعرية وعوامل الذرية مما تآكل
وتراجع وفقد كثير من معالمها ، وتتراكم الرواسب عند قاعدتها وتتكون
منها بعض التلال الرسوبية والمراوح الفيضية Alluvial Fans .

وإذا لم تكن الحافة الصدعية قد تآكلت تماما وانقادت كل معالمها فمن
الممكن الاستدلال عليها بعدة مظاهر منها أن يكون سطحها (وهو نفسه
سطح الصدع) مصقولا نتيجة لاحتكاك جانبي الصدع ببعضها عند الانزلاق
وكثيرا ما توجد على نفس السطح خدوش طويلة عميقة في نفس اتجاه حركة
الانزلاق ، وهي تحدث نتيجة لوجود قطع صخرية شديدة الصلابة بين
الجانبيين المنزلقين وتحركها وهي مضغوطة بينها على طول سطح الصدع أثناء
حركة الانزلاق . ومن الممكن الاستدلال على هذه الحافات أيضا بوجود
رواسب معينة عند قاعدتها وأنها ما يعرف بالدقيق الصخري Rock Flour ،
« ويريشيا الصدوع Fault Breccia » ، ويكون الدقيق الصخري من
رواسب ناعمة تتكون نتيجة لطحن بعض الصخور على سطح الصدع عند
حدوث الانزلاق ، أما البريشيا فعباره عن قطع صخرية ذات زوايا حادة
وتتكون نتيجة لتعظيم الصخور المجاورة لسطح الصدع .

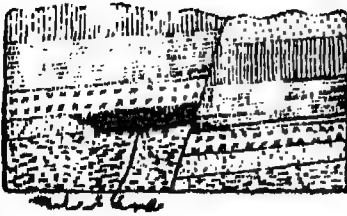
وإذا وجدت الحافة الصدعية في طريق أحد الأنهار فإنها تؤدي إلى

تكوين مسقط مائي Waterfall إذا كان النهر قادما من الجانب المرتفع للمصدع أو تكوين بحيرة إذا كان قادما من جانبه المنخفض .

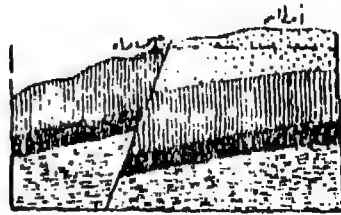
ملاحظات بالياء الجوفية ومصادر البترول :

إذا حدث التصدع في منطقة بها طبقة مياه جوفية أو طبقة بترولية فإنه قد يؤدي إلى انهيار الماء أو البترول من طريق المصدع ووصوله إلى السطح . ويعتقد الارتفاع الذي تصل إليه المياه أو البترول على قوة الضغط الذي يقع على الطبقة الحاوية لها وعلى ماسوب المصدر الذي تنفذ منه هذه الطبقة ، ولذلك فقد تندفع المياه أو البترول بعد وصولها إلى السطح بشكل نافورة ، أو تلساب بهدوء ، وقد لا تصل إلى السطح إما بسبب عدم وجود طريق لها إلى سطح المصدع أو لعدم وقوعها تحت أى ضغط .

وقد يؤدي تغير ماسوب الطبقات على جانبي المصدع إلى حلول طبقات صماء محل الطبقة البترولية أو المائية على أحد جانبي المصدع فتفسد هذه الطبقة ويتهجم الماء أو البترول بشكل خزان . وهذه في الواقع هي إحدى الطرق المعروفة لتكون الموائد البترولية .



شكل (٧٧) مصيدة بترولية صدعية



شكل (٧٨) مبن ماء صدعية

الفصل الحادي عشر

الحركات التكتونية المفاجئة (١)

EARTHQUAKES

أولا - الزلازل

لمهيد - المقصود بالحركات المفاجئة :

المقصود بهذه الحركات هو الحركات التي تحدث فجأة بسبب اضطرابات باطنية سواء في القشرة الأرضية نفسها أو في التكوينات التي ترتكز عليها . وهي لا تستمر إلا وقتاً قصيراً فلا يزيد على جزء من الدقيقة الواحدة ، وأهمها هي الهزات الزلزالية والثورانات البركانية . وعلى الرغم مما قد تسببه هذه الحركات من كوارث مروعة فإن علاقتها بتشكيل تضاريس سطح الأرض لا تظهر إلا في مواضع محدودة ، وذلك يعكس الحركات البطيئة التي لعبت الدور الرئيسي في تكون معظم التضاريس الكبيرة لسطح الأرض ومع ذلك فإن الآثار الفيزيوجرافية التي تنتج عن الحركات المفاجئة ، وخصوصاً الظواهر المرتبطة بالثورانات البركانية ، تعتبر من الموضوعات المهمة التي تستحق العناية عند دراسة الجغرافيا الطبيعية . ومن الثابت أن نشاط هذه الحركات وتأثيرها كانا أقوى بكثير خلال المصور البيولوجية المختلفة منها في الوقت الحاضر بسبب تزايد استقرار القشرة ، ومع ذلك فإن بعض مناطقها لم تصل بعد إلى الاستقرار التام . وهذه هي المناطق التي تسمى أحياناً بالمناطق الضمنية . وهي توجد في نطاقات كبيرة تمتد مع الشقوق التي تكونت فيها سلاسل الجبال الحديثة ، والتي مازالت تعرض حتى الآن للهزات الزلزالية والثورانات البركانية .

تطور المعرفة بالزلازل :

على الرغم من أن الزلازل قديمة قدم الأرض نفسها وأن كوارثها المدمجة كانت كثيرة الحدوث في الماضي وأنها ما زالت تحدث في الوقت الحاضر بين الحين والحين فإن دراستها على أساس علمي سليم لم تبدأ إلا في أواسط القرن التاسع عشر . وقبل ذلك كانت كل محارلات التفسيرات الخرافية بين العامة في مختلف بلاد العالم ، فما زال بعض العامة حتى في البلاد المتقدمة يرطون حذرئها بوجود حيوان ضخم تحت الأرض ، وبأن هذا الحيوان هو الذي يحركها عندما يقوم بحركات خاصة . إلا أن نوع هذا الحيوان يختلف من بلد إلى آخر على حسب طبيعة البيئة السائدة . ففي مصر وغيرها من بلاد الشرق الأوسط يقولون أنه ثور ضخم يحمل الأرض على قرنيه وأن الأرض تهتز عندما ينهالها من قرن إلى آخر ، وفي الولايات المتحدة يعتقدون أنه ساحفة ضخمة ، وفي اليابان يعتقدون أنه ممكة ضخمة يمكنها أن تهز الأرض إذا حرك ذنبها .

وتدخل الدراسة الحديثة للزلازل ضمن علوم الطبيعة الأرضية Geophisics والمعروف أن هذه العلوم لها صلات قوية بعلوم طبيعية أخرى مثل علوم الجغرافيا الطبيعية والجيولوجيا والطبيعة . ومع التقدم السريع في كل هذه العلوم وغيرها انسلخت منها علوم كثيرة تخصص كل منها في أحد الفروع الدقيقة ومن بينها علم السيسمو جرافيا Seismography ^(١) ، أو علم دراسة الزلازل .

وإن كان الإنسان قد استطاع بفضل التقدم العلمي أن يحصى نفسه

(١) الاسم الملى للززال هو Seismos ، وهي كلمة يونانية قديمة تستخدم بشتقاتها المختلفة في الدراسات العلمية الخاصة بهذا الموضوع ، وعلى هذا الأساس أطلق في اسم « سيسمو-جراف Seismograph » على جهاز تياس الموجات الزلزالية ، وطُرب تعبيرات أخرى مشتقة من نفس الاسم .

من بعض الظواهر الطبيعية الخطيرة ، فإنه ما زال عاجزا عن أن يحصى نفسه من خطر الزلازل ، لأنها تحدث دائما فجأة وبغير انذار . وقد حاول بعض العلماء المهتمين بدراسة الزلازل أن يتوصلوا إلى طريقة يمكن بواسطتها التنبؤ بانقرب حدوثها ، ولكن جميع المحاولات لم تصادف نجاحا يستحق الذكر ، وكل ما أمكن عمله لتقليل الخسائر التي تنجم عنها في المناطق التي تتعرض لها هو إقامة المباني بشكل خاص وبمواد معينة تستطيع مقاومة الهزات الأرضية . فقد تبين مثلا أن الأسمنت المسلح هو أصح مادة للبناء في هذه المناطق . وكما كان حجم البناء صغيرا وارتفاعه قليلا كانت مقاومته للهزات الأرضية كبيرة ، والمباني الشديدة على أرض صخرية صلبة والتي تعتمد أساسها في الأرض لمسافة كبيرة تكون كذلك أقدر على تحمل هذه الهزات من المباني التي تقام على السطح أو التي لا تعتمد في الأرض بالقدر الكافي الذي يحفظ لها توازنها عند حدوث الهزات الأرضية .

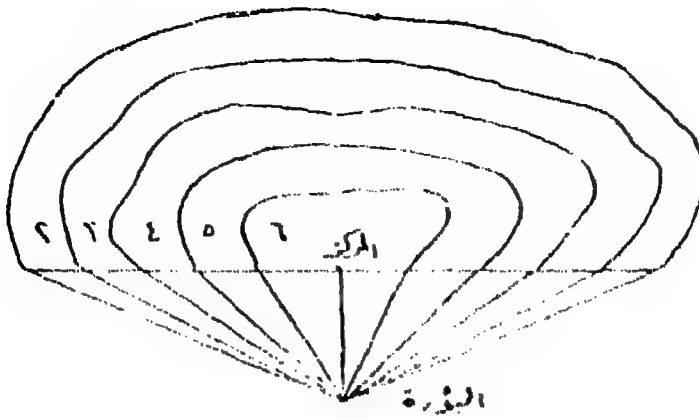
أسبابها وتعدد مراكزها :

أوضحت الدراسات الحديثة أن هناك نوعين من الزلازل ، يطلق أحدهما من حدوث حركات تكتونية مناجثة ويطلق عليه لهذا السبب تعبير « الزلازل التكتونية » Tectonic Earthquakes ، وأم الحركات التي تسبب هذا النوع هي حركات التصدع وما يصاحبها من انزلاق والتراكيب الصخرية تحت سطح الأرض ، أما النوع الثاني فيربط حدوثه بالتورانات البركانية وما يصاحبها من حركات عنيفة تؤدي إلى اندفاع المواد المنصهرة أو الغازية بقوة بين طبقات الصخور ، ويطلق عليه تعبير « الزلازل البركانية » Volcanic Earthquakes ، وهي أقل حدوثا بصفة عامة من الزلازل التكتونية والنقطة التي يبدأ منها الزلازل تكون عادة موجودة على عمق عدة كيلومترات تحت سطح الأرض . وهذه النقطة هي التي تعرف باسم « البؤرة الزلزالية » Solemic Focus ومن هذه البؤرة تنتشر الموجات الزلزالية في

جميع الانجاعات تقريبا . وأول نقطة تصل إليها على السطح هي النقطة التي تقع فوق البؤرة ، ويطلق عليها اسم « المركز السطحي » Epicentre .

وقد تبين من دراسة عدد كبير من الزلازل ، أن البؤرة في معظمها كانت على أعماق تقل من ثمانية كيلو مترات تحت سطح الأرض وأنه من النادر جدا أن يزيد عمقها عن ٤٠ كيلو مترا ، وبمجرد مولد الزلزال في بؤرته تنتشر موجاته في كل الاتجاهات ويظهر تأثيرها على السطح في كل المنطقة المتأثرة به ، ويعتقد أن اتساع هذه المنطقة على درجة شدة الزلزال ، فقد يصل اتساع هذه المنطقة في الزلازل العنيفة إلى بضعة ملايين من الكيلو مترات المربعة ، بل وقد يصل تأثيرها أحيانا إلى كل بقاع سطح الكرة الأرضية . ولكن لا يشترط أن يشعر بها الإنسان في كل هذه البقاع ، وإنما نسجلها بأجهزة القياس فقط في البقاع النائية .

والذي يهمنا على أي حال هو المنطقة التي تؤثر فيها الهزات الزلزالية بشكل محسوس ، وهذه المنطقة يمكن تحديدها على الخريطة بواسطة خطوط توصل بها الأماكن التي تتساوى فيها آثار الزلازل كما تدل عليها مظاهر التدمير والتخريب أو مجرد الحركات التي تحدث في المباني وغيرها من الأجسام ، وكما تدل عليها كذلك أجهزة القياس ، ويطلق على هذه الخطوط اسم « خطوط الشدة الزلزالية المتساوية » Isosismal Lines . وتكون هذه الخطوط غالبا بشكل دوائر غير منتظمة حول المركز العلوي . ويلاحظ أن هذا المركز لا يكون معروفا لأول وهلة ، وأن هذه الخطوط هي التي تساعد بعد رسمها على تحديده . وترسم بنفس الطريقة خطوط أخرى توصل بها الأماكن التي تصل إليها الهزات الزلزالية في وقت واحد . ويطلق عليها اسم « خطوط الوقت الزلزالي المتساوي » Homoseismal Lines ، ويمكن بواسطتها كذلك تحديد مركز الزلزال .



شكل (٧٨) خطوط الشدة الزلزالية المتساوية

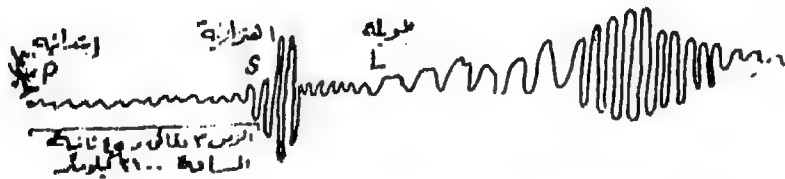
انتقال موجاتها :

للتقلل المرات الزلزالية بشكل موجات تختلف في سرعتها وفي أطوالها وأشكالها على حسب الوسط الذي تنتقله ، ويؤدي تباين سرعتها إلى أن يعطى سبق بعضها الآخر ، ويسجلها جهاز القياس (السيسمو جراف) بنفس ترتيب وصولها . وهي تظهر على خريطة الجهاز بشكل خط متعرج تمثل فيه على الترتيب ثلاثة أنواع من الموجات يشغل كل منها قسما معينا منه . وهذه الموجات على حسب ترتيب وصولها إلى الجهاز ، هي :

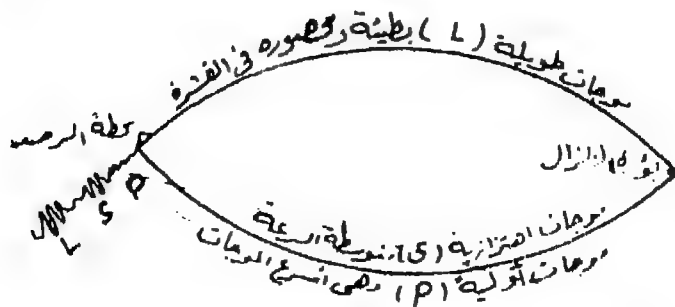
١ - موجات ابتدائية *Primary (P)* : وهي أسرع الموجات وأولها وصولا إلى الجهاز ، ويمثلها القسم الأول من الخط . وهي موجات تضافوية Compressional تشبه ذبذبات انتقال الصوت في الهواء ، أي أنها تنقل في حركة أمامية خلفية ، وهي تسير تحت السطح مخترقة للطبقات السفلى للأرض ، وتؤدي إلى ذبذبة الوسط الذي تنتقله في نفس اتجاه سيرها . وتراوح سرعتها بين ٥١٠ و ١٣٨٠ كيلو مترا في الثانية . ولكنها تزداد كلما تعمقت في باطن الأرض .

ب - موجات اهتزازية (S) Shake (or Shear) Waves : وهي التي

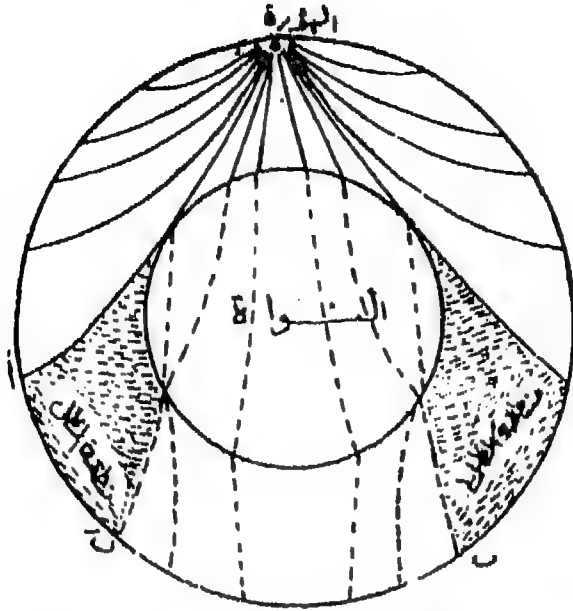
تسمى كذلك بالموجات الثانوية . وهي موجات سريعة ، ولكنها أقل سرعة من الموجات الابتدائية ، ولذلك تأتي بعدها مباشرة ، ويعملها القسم الأوسط من الحبل الذي يسجله السيسموجراف . وهي موجات مستعرضة Transverse تأخذ في حركتها اتجاهات متعامدة على الاتجاه العام لسيورها . وهي تشبه التموجات التي تحدث في حبل مشدود عند اهتزاز اهتزاز رأسها . وهي تسير تحت السطح بخرقة الطبقات السفلى من القشرة ، شأنها في ذلك شأن الموجات الابتدائية . وتتراوح سرعتها بين ٣٥٧ و ٧٠٤ كيلومترا في الثانية . وتزداد سرعتها كلما تعمقت في باطن الأرض ، ولكنها تنكسر عند اختراقها للقوة بسبب اختلاف تركيبها . وقد استفاد الباحثون من دراسة الموجات الزلزالية الأولية والاهتزازية في معرفة كثير من الحقائق عن تركيب باطن الأرض



شكل (٧٩) خريطة ريشمها السيسوجرافى لأحد الزلازل



شكل (٨٠) انتقال الموجات من البؤرة إلى إحدى محطات الرصد العابرة بالزئزال مباحرة



شكل (٨١) اختراق الموجات الزلزالية للكرة الأرضية

المحطات الواقعة بين البؤرة والنقطتين أ و ب تصلها كل الموجات مباشرة ، والمحطات الواقعة بين النقطتين أ و ب وبين النقطتين أ و ب تقع في منطقة الظل ولا تصلها الموجات الابتدائية ، والمحطات الواقعة بين النقطتين ب و ب تصلها الموجات ضعيفة بعد اختراقها النواة .

ح - موجات طويلة Long Waves (L) : وهي موجات مستعرضة تتحرك بنظام يشبه النظام الذي تنتقل به الأمواج على سطح الماء ، وهي تخترق الطبقات السطحية وتأخذ في سيرها خطأً عموماً تزداد قوتها بالانعكاس بين أسفل الطبقات وأعلاها ، ولذلك فإنها تقطع في رحلتها طريقتين أطول من النوعين الآخرين فحصل لهذا السبب متأخرة نسبياً ويصلها القسم الأخير من الخط الذي يرسمه السيسموجراف . وتبلغ سرعتها حوالي أربعة كيلومترات في الثانية . ونظراً لأنها تتحرك عند سطح الأرض فإنها هي المسؤولة من معظم ما يسببه الزلزال من تدمير وتخريب .

درجات الشدة الزلزالية :

على الرغم من أن الكوارث الزلزالية لا تحدث في الوقت الحاضر إلا في اوقات متباعدة نسبياً ، ويمعدل لا يزيد عموماً عن كارثتين او ثلاث في السنة فإن الهزات الزلزالية الخفيفة كثيرة الحدوث جداً لو حسبناها في كل انحاء العالم حتى انه لا يكاد يمر أى يوم دون أن تحدث عدة هزات في مناطق متفرقة ، ولكن أكثر الهزات يمر دون أن تكون له آثار محسوسة ، بل إن كثيراً منها يكون أضعف من أن يشعر به الانسان ولكنه يسجل بواسطة أجهزة السيسموجراف . ومن أشهرها الجهاز الذى ابتكره الباحث الالماني رينخر حوالي سنة ١٩٢٩ وعلى أساسه قسمت الزلازل الى ١٢ درجة وأعطى لكل منها رقماً خاصاً . وحتى في حالة عدم وجود السيسموجراف فإن درجات الزلازل يمكن أن يستدل عليها ببعضى العلامات كما هو مبين في الجدول التالى :

درجة الزلزال ونوعه	بعض العلامات الدالة عليه
(١) زلزال جهازى Instrumental	لا تدل عليه الا أجهزة السيسموجراف .
(٢) ضعيف جداً Very Feeble	لا يشعر به الا ذوى الحساسية المرفهة .
(٣) ضعيف Slight	يشعر به الناس أثناء الراحة .
(٤) متوسط Moderate	يشعر به الناس أثناء الحركة والعمل وتهتز بسببه النوافذ والابواب .
(٥) شديد Rather Strong	يستقيظ الناس وتهتز الاشياء المعلقة وتدق أجراس الكنائس .
(٦) عنيف Strong	يحدث بعض التخريب وتسقط الزجاجات الموضوعة على الرفوف .

- (٧) Very Strong هزيف جدا ، تشقق بعض الجدران ، ويحدث فزع شامل بين الناس .
- (٨) Destructive مخرب ، تسقط المداخل والمآذن ويحدث بعض التخريب في بعض المباني .
- (٩) Ruinous مدمر ، تتداعى بعض المباني ويسقط قليل من الضحايا .
- (١٠) Disastrous مروع ، تنهار كثير من المباني ، وتحدث بعض الانهيارات الأرضية ، ويسقط عدد غير قابل من الضحايا .
- (١١) V Disastrous مروع جدا ، تنهار أغلب المباني ، وتحدث بعض التشوهات في قشرة الأرض وتتعطم السدود وينشئ قيعان السكك الحديدية ويسقط مئات الضحايا .
- (١٢) Catastrophic كارثة زلزالية دمار شامل وتهدمات في قشرة الأرض وحرائق واسعة الانتشار وفيضانات وخسائر بالآلاف .

وتحدد منطقة الزلزال على الخريطة بواسطة خطوط الشدة الزلزالية المتساوية التي سبق أن تكلمنا عنها . ونقسم المنطقة التي نغطيها هذه الخطوط إلى نطاقات برقم كل منها بالرقم الذي يدل على شدة الهزات التي تعديبه ، كما نوضحها الآثار الناجمة عنها حسب ما ورد في التقسيم السابق . ويسمى على ممرها بالعنابر التي تعمل من المناطق المختلفة التي تأثرت بالزوال . وأشد المناطق تأثرا بالهزات هو النطاق الذي يقع حول المركز مباشرة ونتناقص شدتها كلما ابتعدنا عن هذا المركز ، ويمكن الاستدلال على قوة الزلزال

بصفة عامة من الرقم الذي يمثل درجة الشدة في نطاقه المركزي ، ففي الزلازل
المتوسطة الشدة يكون رقم النطاق المركزي ٥ أو ٥ ويتناقص كلما اتجهنا
إلى الخارج بينما يكون رقمه في الكوارث القوية ١٢ . وقد لوحظ عمومًا أن
التخريب الذي يحدث في المركز نفسه يكون أقل لو ما منه في النطاق المحيط
بهذا المركز . والسبب في ذلك هو أن الموجات التي تصل إلى هذا المركز
تكون من أسفل إلى أعلى ، وتؤدي إلى اهتزاز المباني في اتجاه رأسى . وتكون
هذه الحركات الرأسية أقل تخريبًا من الحركات الأفقية .

أمثلة لبعض الكوارث الزلزالية :

لا شك أن كثيرا من الكوارث الزلزالية التي حدثت في العصور التاريخية
القديمة أرقابها كانت أظلم بكثير من أي كارثة من الكوارث التي سجلت
خلال العهود الحديثة . ولكننا لا نعرف أي شيء عنها ، وحتى الكوارث التي
سجلها التاريخ في عهود القديمة والوسيطة لا يمكن أن تشمل كل الكوارث
التي حدثت في تلك العهود حيث أن مناطق شاسعة من العالم كانت لا تزال
مجهولة تماما في تلك العهود بل وفي بعض عهود التاريخ الحديث نفسه ، وربما
تكون الكوارث الزلزالية التاريخية التي وصفتها أخبارها أقل بكثير من
الكوارث التي لم تصلنا أخبارها . وفيما يلي أمثلة قليلة لبعض الكوارث الزلزالية
الحديثة .

أمثلة لبعض الزلازل الحديثة المشهورة

المنطقة التي ضربها وتاريخه	أم نتائجها
١ - شمال الباكستان - ديسمبر سنة ١٩٧٤ .	دمرت تسع قرى وقتل عشرة آلاف شخص .
٢ - مدينة ماناجوى (نيكارا جوا) - ديسمبر سنة ١٩٧٢ .	دمرت المدينة كلها وقتل خمسة آلاف شخص .
٣ - شمال شيل مارس سنة ١٩٦٥ .	انهار أحد السدود واندفعت المياه الهائلة بالرواسب الطينية والرمالية والأحجار فأغرقت مدينة «الكوبر» ودمرتها وقتل حوالي ٦٠٠ شخص .
٤ - مدينة أنكوريج (ألاسكا) - مارس سنة ١٩٦٤ .	دمرت المدينة وحدثت تصدعات في القشرة الأرضية وقتل بضعة آلاف شخص .
٥ - مدينة أسكوييل (بوليفيا) - يوليو سنة ١٩٦٣ .	دمرت المدينة كلها وقتل ١٧٠٠ شخص .
٦ - قرب إيران - سبتمبر ١٩٦٢ .	دمرت ٧٥ قرية وقتل حوالي عشرين ألف شخص .
٧ - شمال شرق إيران - أغسطس سنة ١٩٦٨ .	دمر العديد من القرى والمدن في منطقة واسعة وقتل خمسون ألف شخص .
٨ - مدينة بورت رويال (جاميكا) - يونيو سنة ١٩٦٢ .	دمرت المدينة وقتل حوالي عشرين ألف شخص وحدثت انزلاقات أرضية خطيرة فجهرت أكثر من نصف المدينة إلى البحر .

- ٩ - مدينة أغادير بالغرب - فبراير
سنة ١٩٦٠ .
دمرت المدينة كلها وقتل عشرين
ألف شخص
- ١٠ - أكوادور سنة ١٩٤٩ .
حدثت انهيارات أرضية خطيرة
دفنت كثيرا من القرى وسدت
جري أحد الأنهار فكونت مكانه
بحيرة كبيرة .
- ١١ - مقاطعة كانسو (الصين) سنة
١٩٢١ .
دمرت المدن والقرى في منطقة
شامعة وانهارت تربة اللويس
فانسدت الأنهار وحدثت فيضانات
خطيرة . وقتل مائتا ألف
شخص .
- ١٢ - مقاطعة كانسو (الصين) سنة
١٩٢٧ .
تكرر ما حدث في سنة ١٩٢١ وقتل
مائة ألف شخص .
- ١٣ - طوكيو ويوكوهاما (اليابان)
سبتمبر سنة ١٩٢٣ .
دمرت المدينتان ، وحدثت موجات
تسوايى أغرقت مناطق واسعة
وقسمت الارض في أماكن
كثيرة وبلغ عدد القتلى أكثر من
ربيع مليون شخص .
- ١٤ - مسونا (إيطاليا) سنة ١٩٠٨
حوالى ١٦٤ ألف شخص .
دمرت المدينة وما حولها وقتل
- ١٥ - كاليفورنيا سنة ١٩٠٩ .
حدثت حركة انزلاق واضحة في
القشرة وتغير ملمس سطح
الارض في بعض المناطق بمقدار
تجارية أمتار .

١٦ - خليج ياكونات (الاسكا سنة ١٨٩٩ . حدثت تصدعات فى القشرة وارتفعت بعض المناطق الساحلية بنحو ١٠ : ١٥ متراً .

١٧ - مقاطعة شانتوج (الصين) حدثت تصدعات فى القشرة الارضية وإنشق مجرى جديد لنهر هوايجو الأدنى فتحول النهر فجأة إلى المجرى الجديد وأصبح متعبه يقع الى الشمال من المصب الاصلى بنحو ٤٥٠ كيلومتر .

١٨ - حوض المسيسى الأدنى سنة ١٨١١ هبطت مناطق واسعة فى ولاية ميسورى وتينيسى ، وتكونت بحيرات جديدة منها بحيرة ريل فوت Reelfoot فى تينيسى ويبلغ قطرها ٢٨ كيلومتراً .

١٩ - لشبونة (البرتغال) سنة ١٧٥٥ انشقت الارض على طول أحد الانهار وابتلعت مياهه بما عليها من زوارق ، كما ابتلعت رصيفاً قوياً كان مبنياً على جانبه وغاص معه الناس الذين فروا من منازلهم وتجمعوا فوقه . وإنطبقت الارض على كل ما ابتلعت ، كما حدثت موجات «تسونامى» عاتية اغرقت مناطق واسعة . وبلغ عدد القتلى خمسين ألف شخص .

٢٠ - شرق تركيا اكتوبر ١٩٧٥ . قتل ٥٠٠٠ شخص .

٢١ - شرق تركيا نوفمبر ١٩٧٦ . دمر عدد كبير من القرى وقتل ٥٠٠٠ خمسة آلاف شخص .

٢٢ - شمال شرق تركيا (أرضروم) دمرت ٣٠ قرية وقتل أكثر من ٢٠٠٠
اكتوبر ١٩٨٣ . نسخة .

٢٣ - شرق ايران سبتمبر ١٩٧٨ قتل ٢٠ ألفاً دمرت بعض المدن الكبرى
وعدد كبير من القرى .

٢٤ - جواتيمالا (أمريكا) دمر نصف البلاد تقريباً ، وازيلت
الوسطى) فبراير ١٩٧٦ .
جواتيمالا . قتل أكثر من ٢٢ ألف وجرح
أكثر من ٧٥ ألفاً . انتشرت الأوبئة .
فكان لابد من إحراق الجثث . استمرت
الهزات فتكرر خلال اسبوع كامل حتى
بلغ عددها حوالى ١٠٠٠ هزة .

٢٥ - زلزال اليمن ١٩٨٢ دمر كل قرى منطقة دامار .

٢٦ - زلزال مدينة الاصنام بالجزائر
١٩٨٠ .

زلزال منطقة دامار باليمن
١٩٨٢

زلزال غرب غينيا

تدمير المواصلات : وما يترتب في هول الكوارث للزلازلية وكثرة ضحاياها أن هذه الكوارث تؤدي غالباً إلى تدمير طرق المواصلات ووسائل الانتقال البرية والنهرية ، حيث تلغى خطوط السكك الحديدية وتدمر الطرق أو تغطي عليها مياه الفيضانات أو الانهيارات المتتالية ، كما أن نقص الأيدي العاملة في المدن التي تصيبها الكوارث ، نتيجة لفقد الآلاف من سكانها ، يعتبر كذلك من العوامل التي تعوق عمليات الانقاذ وإزالة الأنقاض ، ولذلك فكتيراً ما تلجأ الحكومات إلى قوات الجيش للمعاونة في هذه العمليات .

تشقق الأرض وتصدعها : كثيراً ما تؤدي الكوارث الزلزالية إلى تشقق طبقات الأرض وتصدعها ، وقد تهبط بعض المناطق وترتفع غيرها وإذا كانت المنطقة المحيطة بمجاورة للبحر فقد يؤدي هبوطها إلى اختفائها تحت مياهها ، كما حدث مثلاً في مدينة بورت رويال (في جامايكا) سنة ١٩٦٤ حيث هبط جزء كبير من المدينة وغمرته مياه البحر . وكانت حركات الهبوط واضحة كذلك في حوض المسيسيبي سنة ١٨١١ حيث هبطت مناطق واسعة من ولايات مسوري وتينيسي وتكونت في أجزاء منها بحيرات جديدة . وفي الزلزال الذي ضرب مدينتي طوكيو ووكو هامما سنة ١٩٢٣ هبطت أجزاء من قاع خليج سايجامي الذي نشأ الزلزال تحت قاعه بأكثر من ٣٠٠ متر . أما حركات الرفع فقد كانت واضحة في زلزال هاكوتات في ألاسكا سنة ١٨٩٩ حيث ارتفعت بعض المناطق الساحلية حوالي ١٥ متراً . وقد يحدث في حالات نادرة أن تشقق الأرض وتبتلع بعض ما على السطح من مظاهر ثم تنطبق على ما ابتلعه ، وقد قيل أن هذا قد حدث بشكل واضح أثناء زلزال لشبونة سنة ١٧٥٥ ، كما سبق أن بينا . وقد كانت هذه الحادثة بالذات واحدة من الدوافع القوية التي حملت الباحثين على توجيه اهتمام أكبر إلى دراسة الزلازل على أساس علمي صحيح .

موجات التسونامي Tsunamis (أو أمواج البحر الزلزالية Seismic) :

(Sea Waves) ، وهي موجات بحرية عالية جدا تسببها الزلازل العنيفة التي تنشأ تحت قاع البحر أو بالقرب منه وكلمة تسونامي أصلها ياباني حيث أن جزر اليابان تشتهر بحدوث هذه الموجات ، وقد يزيد ارتفاع موجة التسونامي على ثلاثين مترا ، ويزيد طولها على ٢٥٠ كيلو مترا ، وقد تبلغ سرعتها أكثر من ٧٠٠ كيلو متر في الساعة ، ولذلك فإنها تندفع فوق المناطق الساحلية التي تصادفها بقوة هائلة لتدمر كل مظاهر الحياة والعمران في المناطق التي تدمرها . وقد حدث في كثير من الكوارث الزلزالية أن كانت الخسائر التي سببها هذه الأمواج أكثر بكثير من الخسائر التي نجمت عن مظاهر التخريب الأخرى . ولا تقتصر خطورة هذه الموجات على المناطق القريبة من مركز الزلزال بل إنها قد تسافر لمسافات طويلة جدا لتضرب مناطق ساحلية بعيدة عن مراكز نشأتها حتى أن بعضها قد يمر المحيط الهادئ كله ، وقد حدث هذا فعلا في بعض الكوارث الزلزالية مثل زلزال شبلي سنة ١٩٦٠ حيث اندفعت موجة تسونامي عظيمة الارتفاع والامتداد نحو الشرق بسرعة هائلة فضررت الجزر التي كانت في طريقها ، ومنها جزر هاواي ، ثم وصلت إلى سواحل اليابان حيث أحدثت كثيرا من الدمار والتخريب وقتلت حوالي مائتي شخص . وذلك على الرغم من وصول تحذيرات سابقة بلقومها . وقد استغرقت رحلتها عبر المحيط (حوالي ١٦ ألف كيلو متر) ٢٣ ساعة . وقد حدثت موجات تسونامي كذلك أثناء زلزال اليابان سنة ١٩٢٣ وفي زلزال لشبونة سنة ١٧٥٥ . وقد كانت الخسائر التي نجمت عنها في هذه المدينة أضخم بكثير من الخسائر التي نجمت عن بقية عوامل الدمار الأخرى .

ونظرا لطول الرحلة التي يمكن أن تقطعها موجة التسونامي عبر أخذ المحيطات فإنه من الممكن التحذير منها واتخاذ بعض الاحتياطات للتقليل من أضرارها . ولكن نظرا لسرعة تحركها فإن التحذير من خطرهما لا يسبق وصولها إلا بوقت لا يزيد عن ساعات اليوم الواحد ، ولذلك فإنه حتى في

الحالات التي تم فيها التحذير قبل وصولها بعد ساعات كانت الخسائر التي نجمت عنها كبيرة ، كما حدث في اليابان سنة ١٩٢٠ عندما وصلت موجة تسونامي ضخمة من الجانب الشرق للمحيط الهادى بسبب زلزال شوى ، الذى سبقت الإشارة إليه . فعلى الرغم من التحذيرات التي سهلت وصولها فقد نهم عنها قتل مائتى شخص وهدم عشرات الآلاف من المباني .

التوزيع الجغرافى للزلازل :

على الرغم من أن الهزات الزلزالية يمكن أن تسجل في أية بقعة في العالم فإن المراكز التي تنشأ فيها للزلازل تتركز بصورة عامة على النطاقات الضعيفة من قشرة الأرض ، وهى نطاقات الانثناءات والانكسارات الحديثة التي ظلت حتى عصر البلايستوسين عرضة لحركات تكهونية كثيرة من أهمها الحركات الألبية الحديثة التي تنتمى إليها أعظم السلاسل الجبلية في العالم ، وتنس هذه النطاقات هي التي تشتهر كذلك بكثرة ثوراناتها البركانية . وبذلك توزيع الزلازل في العالم على أن هناك نطاقين رئيسيين لحدوثها ونطاقين آخرين أقل منها أهمية .

والنطاقان الرئيسيان هما رقم ١ ورقم ٢ ، أما النطاقان الصغيران فهما رقم ٣ ورقم ٤ فيما يلى :

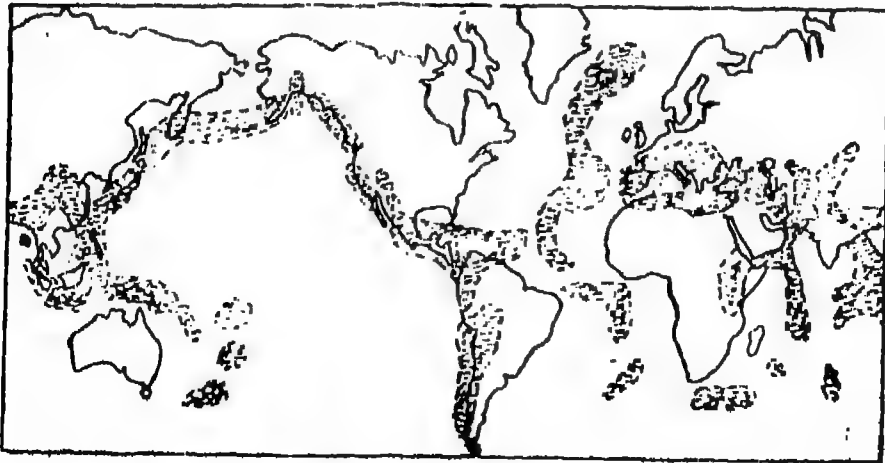
١ - نطاق يمتد حول المحيط الهادى ويشمل المناطق الساحلية في غرب الأمريكتين وغرب آسيا بما في ذلك نطاقات الجزر القريبة منها وكذلك الجزر الواقعة إلى الشرق من استراليا . ويمكننا أن نضم إلى هذا النطاق كذلك جزر الهند الغربية . وقد تبين أن حوالى ٦٨٪ من الزلازل التي سجلت في العالم قد نشأت في هذا النطاق ، وهو نفس النطاق الذى يشتهر باسم « الحلقة النارية Fire Ring » بسبب كثرة براكينه .

٢ - نطاق يمتد في قلب العالم للقديم بين الشرق والغرب ، وهو يبدأ

على سواحل المحيط الأطلسي في الغرب ما بين جزر الرأس الأخضر (كيب
فرد Cape Verde) في غرب أفريقيا حتى شمال البرتغال ، ومن هنا يواصل
امتداده نحو الشرق في جنوب أوروبا وإقليم جبال أطلس ويستمر حتى شرق
البحر المتوسط ليجعل كل آسيا الصغرى وإيران والنطاقات الجبلية الواقعة
جنوب بحر قزوين وجبال هيمالايا ثم يتفرع نحو الشرق إلى فرعين أحدهما
يواصل امتداده شرقا إلى الصين بينما يتصرف الثاني نحو الجنوب الشرقي في
آسام وماليزيا والجزر الاندونيسية حيث ينتهي بالنطاق الأول . وقد نشأ في
هذا النطاق حوالي ٢١ ٪ من الزلازل التي سجلت في العالم .

٣ - نطاق يمتد في وسط المحيط الأطلسي من أقصى شماله إلى أقصى جنوبه
متمشيا مع الشق الطولي الذي يوجد في وسط السلسلة المرتفعة الممتدة في
وسط هذا المحيط . ويواصل هذا الشق امتداده نحو الجنوب ثم يدور حول
الطرف الجنوبي لإفريقيا ، ويتجه نحو الشمال في غرب المحيط الهندي .

٤ - نطاق يمتد في شرق إفريقيا على طول الوادي العميق العظيم .



شكل (٨٢) النطاقات الرئيسية للزلازل

الفصل الثاني عشر

الحركات التكتونية المفاجئة [ب]

النشاط البركاني

VOLCANIC ACTIVITY or VULCANICITY

مظاهر النشاط البركاني :

المقصود بالنشاط البركاني بأوسع معانيه هو خروج أى مادة من المواد من باطن الأرض أو من طبقات القشرة نتيجة لحدوث تغيرات أو حركات أرضية من أى نوع . أما بمعناه الضيق فإن المقصود به هو خروج المواد الباطنية المنصهرة إلى السطح وعلى درجة حرارة عالية ، سواء أكان هذا الخروج مصحوبا بانفجارات عنيفة أو كان بصورة انسيابات هادئة .

وعلى أساس المدلول الواسع لهذا النشاط فإنه يشمل المظاهر الآتية :

١ — البراكين المركزية (أو العادية) Volcanoes ، وفيها تندفع المواد المنصهرة الحارة (اللافا) من فتحة واحدة وتتراكم بشكل مخروط حول هذه الفتحة .

٢ — غطاءات اللافا Lava Sheets ، وفيها تنساب المواد المنصهرة بهدوء من شقوق في القشرة وتنتشر فوق منطقة واسعة .

٣ — الينابيع والناورات الحارة Hot Springs and Geysers .

٤ — البراكين الطينية .

وكما هو الحال في الزلازل فإن النشاط البركاني كان أكثر حدوثا وأشد عنفا خلال العصور الجيولوجية المختلفة ، بل وخلال العهود التاريخية القديمة

منه في الوقت الحاضر . تبعا لما كانت عليه حالة الأرض من عدم استقرار .
والمعروف أن هذا النشاط هو المسئول عن بناء الهضاب والجبال البركانية
التي توجد في جهات كثيرة فوق اليابس ، بل وفوق قاع المحيطات . وعلى
الرغم من أن النشاط البركاني الذي ما زال يحدث في الوقت الحاضر في أماكن
متفرقة من العالم لم يعد يساهم بنصيب يستحق الذكر في المظهر التضاريسي العام
لسطح الأرض عموما فإن دراسة هذا النشاط تعتبر جزءا مهما جدا من الدراسات
الطبيعية ، وأهمها الدراسات الجغرافية والجيولوجية والجيوفيزيائية .

البراكين

المخروطات البركانية :

إن اندفاع المواد المنصهرة من فتحة محددة في سطح الأرض وتراكمها
بشكل تل مخروطي هو المظهر الشائع للنشاط البركاني . وهو في الواقع المظهر
الذي نعصده عادة عند الكلام على "البراكين" ، كما أنه هو المظهر الذي ترتبط
به الكوارث البركانية العنيفة التي تهمز العالم من وقت إلى آخر . وعلى الرغم
من أن المخروطات البركانية تتباين فيما بينها من بعض الوجوه مثل الشكل
ونوع اللافا والمواد الصلبة التي تتكون منها فإنها تشترك في الصفات الرئيسية
العامية ، فالمخروط البركاني له عدة أجزاء معروفة تشترك فيها كل المخروطات
تقريبا ، وأهم الأجزاء هي :

١ - - القنبرة Conduit ، وهي القناة التي تندفع عن طريقها الماجما المنصهرة
وفيرها من المواد البركانية من باطن الأرض إلى السطح ، وتكون غالبا
دائرية وأشبه بالانبوب الطويل المتسع . وهي تواصل امتدادها إلى أعلى
وسط المخروط ، ويزداد طولها كلما ازداد ارتفاعه . وتعتمد القنبرة مادة في

اتجاه رأسى ، ولكن قد يحدث مع ذلك أن تفتح المواد المندفعة لنفسها قسبة أو قصبات أخرى جانبية . ويحدث ذلك إذا توفقت ثوران البركان لفترة من الزمن وتصببت الآلاف في القسبة الأصلية وسدتها تماما ، فإذا ماد البركان إلى الثوران فإن المواد المندفعة قد تعجز عن شق طريقها عبر القسبة الأصلية فتشق لنفسها قسبة أو أكثر في جانب المخروط .

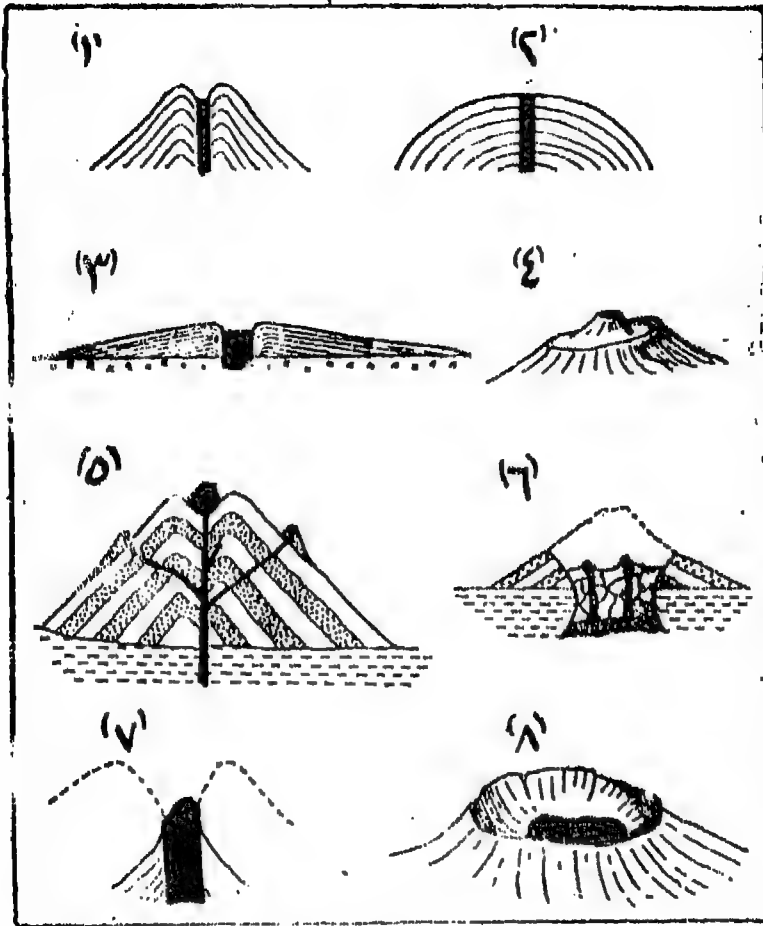
٧ — العنق البركاني Volcanic Neck ، وهو كتلة صخرية شديدة الصلابة تبرز في أعلى بعض المخروطات البركانية القديمة ، وتمثل جزءا من القسبة البركانية التي تتكون من الآلاف المتصلة بعد أن أزيل المخروط من حوله بواسطة التجوية والتعرية .

٣ — الفوهة Vent ، وهي الطرف العلوى للقسبة .

٤ — القمع Crater . وهو الحوض المخروطى الصغير الذى يبدأ من الفوهة وينقسم إلى أعلى ليعمل كقبة البركان .

• — المخروط Cone ، وهو جضم البركان نفسه ، وكثيرا ما يشار إليه باسم « البركان » أو الجبل البركاني . وقد يكون المخروط بسيطا ، وهذا هو الغالب ، ولكنه قد يحمل على جانبيه مخروطا صغيرا أو أكثر . ويكون له في هذه الحالة أكثر من قسبة واحدة . ويحدث هذا إذا انسدت القسبة الأصلية واستطاعت المواد المندفعة أن تفتح قصبات جانبية جديدة ، حيث تتراكم المواد البركانية حول فوهات القصبات الجديدة وتتكون نتيجة لذلك مخروطات جانبية . ويطلق على المخروط في هذه الحالة اسم « المخروط المركب Composite Cone » .

وتدباين المخروطات البركانية فيها بينها تباينا كبيرا إلى الحجم ، فمنها ما لا يزيد ارتفاعه عن مائة متر ، ومنها ما يصل ارتفاعه إلى أكثر من خمسة آلاف متر ، ففي أفريقيا يبلغ ارتفاع مخروط جبل كليماجارو ١٠٠٠٠ أمتار ، وجبل كينيا ٥٦٠٠ متر ، وفي أوروبا يبلغ ارتفاع مخروط بركاني إتنا ٣٥٠٠ متر وبركان فيدوف ١٢٠٠ متر .



شكل (٨٣) أشكال بركانية

- (١) مخروط من الرماد البركاني .
 (٢) قبة من اللافا الحمضية .
 (٣) مخروط من اللافا القاعدية .
 (٤) مخروط ثانوي داخل قمع بركاني قديم .
 (٥) مخروط بركاني مركب .
 (٦) كولديرا .
 (٧) منق بركاني كشفته التعرية .
 (٨) بحيرة في كالديرا .

الكولديرا Caldera : وهي غورض كبير ١٠-٢٠ كم. جوانبه شديدة الانحدار ويتكون في أعلى بعض المخروطات البركانية . ويرجع تكونه بصفة خاصة إلى انساع القمع بفعل عوامل التعرية وعوامل التجوية وانزياح جوانبه ، ولذلك فإن الكولديرا توجد غالباً فوق المخروطات البركانية القديمة التي مضى على هدرتها وقت طويل ، ولكنها قد تتكون كذلك فوق بعض المخروطات الحديثة إذا ما حدث وهذا البركان افترقة من الزمن ثم تار مرة أخرى ثوراناً عتيفاً بدرجة تؤدي إلى الإطاحة بقمعه كلها ، وفي هذه الحالة قد يمتلئ للبحر الذي تركه لقمة المنطارية ، بالمغذوقات الحديثة أو يكون في وسطه مخروط جديد صغير .

وإذا سقطت الأمطار في منطقة البركان فإن الكولديرا تتحول إلى بحيرة بركانية جوانبها شديدة الانحدار . ويحول المخروط الذي بوسطها (إن وجد) إلى جزيرة صغيرة . وأكبر كولديرا من هذا النوع في العالم هي كولديرة آسو ٨٥٥ في اليابان ويبلغ قطرها ٢٧ كيلومترا . ولا يزال يوجد في وسطها بركان نشط . ومن البحيرات البركانية التي تستحق الذكر كذلك والتي تكونت وسط كولديرات بحيرة أوريجون في الولايات المتحدة . وتوجد في وسطها جزيرة صغيرة تمثل مخروطاً بركانياً حديثاً ، وكذلك بحيرة توبا Toba في شمال غرب جزيرة سومطرة .

مخروطات اللافا الحمضية Acidic L. واللافا القاعدية (أو البازلتية) Basic L.

تترك اللافا التي تنطلق من فوهات البراكين في أنها تكون عند بدء خروجها شديدة الحرارة جداً بحيث تزيد درجة حرارتها مادة عن ١٠٠٠° مئوية ، إلا أنها تتباين فيما بينها من حيث درجة السيولة التي تتوقف على نسبة السليكا التي تدخل في تركيبها ، وعلى هذا إلا ، تنقسم اللافا إلى نوعين

رئيسيين هما : اللافا الحمضية التي تدخل السليكا في تركيبها بنسبة كبيرة ، واللافا القاعدية التي تدخل فيها السليكا بنسبة صغيرة . واللافا الحمضية تكون مادة ثقيلة ولزجة وتتحرك لهذا السبب ببطء شديد وسرمان ما تعصلب بمجرد خروجها إلى السطح فتتكون منها مخروطات مرتفعة ولكنها صغيرة المساحة وكثيرا ما تأخذ شكل القباب . ومن أمثلتها المخروطات البركانية الموجودة في جزيرة بوهيميا والقباب التي توجد في جزر ري يونيون Reunion في المحيط الهندي والقباب الموجودة في منطقة ناشونال بارك National Park . في جبال روكي بالولايات المتحدة . أما اللافا القاعدية (البازلتية) فتكون أكثر سيولة وتلصق لمسافات كبيرة قبل أن تبدأ في التعصلب . وتكون مخروطاتها لهذا السبب قليلة الأوضاح وتنتهي مناطق أوسع بكثير من مخروطات اللافا الحمضية ومن الطبيعي أن تزداد درجة السيولة كلما زادت قاعدية اللافا (أي نقصت نسبة السليكا بها) . ويؤدي ذلك إلى انسيابها بعد خروجها بسرعة كبيرة مما يؤدي إلى اتساع المناطق التي تغمرها ، ومن أمثلتها معظم المخروطات البركانية في جزر هوائي (راجع شكل ٣٢) .

واللافا الحمضية مكونة أساسا من مواد جرانيتية ألوانها فاتحة ومائلة إلى البياض أو الرمادي الفاتح أو الأحمر ، وعندما تعصلب على السطح تتكون منها صخور الريوليت Rhioite أو الإنديسيت . ويتكون الريوليت إذا كانت اللافا شديدة الحمضية ، وهو يتميز بألوانه الفاتحة ، أما الإنديسيت فيعكون إذا كانت اللافا متوسطة الحمضية وتكون ألوانه داكنة نوعا ما . أما اللافا القاعدية فتتكون أساسا من مواد بازلتية مائلة إلى السواد . وعندما تعصلب تتكون منها صخور البازلت .

وتختلط باللافا عند خروجها غازات مختلفة إلا أن غازات اللافا القاعدية تكون أكثر من غازات اللافا الحمضية ولذلك فإن الصخور البارلت الناتجة منها

تحتوي مادة على كثير من الثقوب التي سببها خروج الغازات منها ويؤدي خروج هذه الغازات من اللافا وخصوصاً اللافا القاعدية إلى تكون كثير من الفقائيع فوق سطحها، ويكون مظهرها شبيهاً بمظهر الزبد (الرغوة) وعندما تصلب هذه الفقائيع فإنها تكون الصخر المعروف باسم صخر الخفاف *Pomice* وهو صخر خفيف جداً وتكثر به الثقوب والامسام. وإذا تكون من اللافا الحمضية فإن لونه يكون مائلاً إلى البياض، أما إذا تكون من اللافا القاعدية فإنه لونه يكون مائلاً إلى السواد، وكثيراً ما تتكون فوق سطح اللافا القاعدية طبقة متصلة من الفقائيع المتصلة التي تبدو في هذه الحالة بشكل الزبد، ويطلق على هذه الطبقة لهذا السبب اسم الزبد الصخري *Scoriae*.

المتلونات البركانية الأخرى (غير اللافا) :

تنطلق من فوهات البراكين، بالإضافة إلى اللافا السائلة، مواد أخرى صلبة وغريبة تختلف في أنواعها وكمياتها من بركان إلى آخر، وفيما يلي وصف لأهم هذه المواد.

المتلونات الصلبة :

تتكون هذه المتلونات من حبات صلبة وقطع صخرية مختلفة الأشكال والاحجام، وأهم أنواعها هي : (١) البريشيا البركانية *Volcanic Breccia* وهي قطع صخرية ذات زوايا وجوانب حادة، وهي تنشأ من تكسر الصخور الصلبة التي كانت تسد الفوهة قبل الثوران، ويؤدي انفجار البركان عادة إلى ارتفاعها إلى الجيومترات الأمتر، (٢) الغدائف البركانية *Volcanic Bombs* وهي عبارة عن كرات ملساء شكلها قريب من شكل الكروي، ويبلغ قطر الواحدة منها حوالي ثلاثة سنتيمترات أو أكثر قليلاً، وهي تتكون من انغلاق قباب من اللافا المنصهرة في الهواء وتصلبها أثناء هبوطها، وهذا هو السبب في أخذها شكل الكروي، (٣) الجرات *Cinders* أو اللاب *Lapilli*

وثة مد بها القذائف البركانية المصغرة التي يتراوح قطرها بين ثلاثة سميات ونصف سنتيمتر ، (٤) الرماد Volcanic Ash وهو عبارة عن حبات حبيبية صغيرة يتراوح قطرها بين ربع سنتيمتر ونصف سنتيمتر وهي تراكم فوق مخروط البركان المس أو تنتشر في مساحات واسعة حولها ، وقد تتكون منها طبقة سمكية تغطي سطح الأرض ، (٥) الغبار البركاني Volcanic Dust ويشمل أدق المواد الصلبة التي تنطلق من البركان والتي لا يزيد قطر حبيباتها عن ربع سنتيمتر ، ونظرا لطفها فإنها ترتفع عند انفجار البركان إلى علو كبير في الجو ، وقد تبقى عالقة بالهواء مدة طويلة وتعملها الرياح العليا إلى مسافات بعيدة جدا ، ومن أشهر الأمثلة على ذلك الغبار الذي أنطلق من بركان كراكاتوا عند ثورانه سنة ١٨٨٣ فقد ذكر الباحثون أن بعض هذا الغبار ظل عالقا بالجو لمدة عام كامل وأنه دار حول الكرة الأرضية كلها . وإذا حدث وسقطت الأمطار في منطقة البركان (وهو ما يحدث في غالب الأحيان) فإنها تسقط مادة بخرارة متناهية وتختلط عند سقوطها بالغبار فتتحول إلى أمطار طينية وتتكون منها سيول جارفة على جوانب البركان فتغمر المناطق المجاورة وتصبها بخراسات ضخمة ، ولكنها قد تؤدي كذلك إلى تكوين طبقات جديدة من التربة البركانية الخصبة .

وقد يكون المخروط البركاني مكونا بأكمله من المواد الصلبة التي سبق ذكرها ، وخصوصا من الرماد والجرات . وتشتهر أيسلندا بصفة خاصة بوجود هذا النوع من المخروطات ومن أشهرها المخروطات القريبة من العاصمة ريكيافيك وعددها حوالي تسعون مخروطا ، وتتراوح ارتفاعاتها بين ٤٠ و ٥٠ مترا وكلها مكونة من الرماد البركاني . ويعتبر بركان دي فويجو Volcano de Fuego في جواتيمالا أعلى مخروط مكون من الرماد البركاني .

في العالم . وبلغ ارتفاعه حوالي ٣٣٠٠ متر ، من أسئلة هذه المخروطات أيضا مخروط بركان مونت نوفو Monte Novo إلى الغرب من نالي في إيطاليا ، وهو بركان حديث العهد جدا وبلغ ارتفاعه حوالي ٥٠٠ متر . وكذلك المخروط الذي تكون في سنة ١٩٣٧ عند خليج بلانش Blanché Bay قرب راهاول Rahaul في أرخبيل بسمارك وقد وصل ارتفاعه خلال الأيام الثلاثة الأولى من عمره ٧٢٤ مترا ، وكذلك بركان باريكوتين Paricutin الذي بدأ ثورانه في سنة ١٩٤٣ ووصل ارتفاعه ٤٥٥ مترا .

المذوفات الغازية :

إن المواد الغازية التي تنطلق من البراكين كثيرة ومتنوعة ، إلا أن أهمها هو بخار الماء وبعض غازات الكبريت والكلور والهيدروجين وثاني أكسيد الكربون ، وتقدر نسبة المواد الغازية التي تخرج من البراكين عموما بنحو ٥٪ من مجموع المذوفات البركانية ، وأهم المراتب الغازية على الإطلاق هو بخار الماء الذي يكون وحده ما بين ٧٥٪ و ٩٥٪ من مجموعها ولهذا السبب فإن ثوران البراكين يصحبه غالبا انهار الأمطار بفرارة متناهية فوق منطقة البركان . وما زال مصدر بخار الماء الذي تطلقه البراكين غير معروف بالضبط ولكن من الممكن أن يكون مستمدا من المياه المجهوزة في صخور باطن الأرض منذ نشأتها الأولى أو أنه ينشأ نشأة جديدة عندما يمتزج الهيدروجين الذي ينطلق من البراكين والذي كان واقعا تحت ضغط شديد ، بأوكسجين الهواء . ويطلق العلماء على هذه المياه اسم المياه الجديدة Juvenile Water . وقد يكون بعض البخار المنطلق من البركان مستمدا كذلك من مياه البحار أو غيرها من المياه السطحية التي استطاع بعضها أن يتسرب إلى أعماق كبيرة في قشرة الأرض . وهكذا فإن المياه التي تتكون

من البخار المنطلق من البراكين تعتبر ، ولو بصورة جزئية ، مياها جديدة تنضاف إلى مياه سطح الأرض ، وهذا يؤكد القول بأن الثورانات البركانية العنيفة التي حدثت بكثرة في المراحل الأولى لتاريخ الأرض قد ساهمت مساهمة كبيرة في تكوين مياه البحار والمحيطات .

أما بقية الغازات فهي ضئيلة القابل للاشتعال مثل الايدروجين . وعندما تختلط هذه الغازات بأوكسوجين الهواء فإنها تشتعل فجأة ويتكون من اشتعالها اللهب الذي يشاهد فوق الفوهة . ويلاحظ أن الغازات التي تنطلق من البراكين ليست ثابتة لانه أنوعها ولا في كمياتها ، فهي تختلف من بركان إلى آخر بل وفي البركان الواحد أثناء مراحل ثورانه في المرة الواحدة أو في المرات المتعاقبة . كما أن خروجها قد يستمر بهدوء نسبيا من بعض فوهات البراكين لعشرات بل لمئات السنين . ومثال ذلك بركان استرابوبولي في جزر لا باري في جنوب إيطاليا حيث تنطلق منه بعض الغازات باستمرار فتشتعل عند قعره معطية ضوء مستمر . وقد اشتهر هذا البركان لهذا السبب باسم « فنار البحر المتوسط » وقد يصحب الغازات التي تخرج منه في بعض الأحيان خروج الألفا المنصهرة بشكل ثورانات خفيفة ، مقطعة .

السحابة البيلية Polean Cloud . وقد يحدث أن تكون الغازات المنطلقة من فوهة البركان كثيفة جدا ومختلطة بكميات هائلة من الغبار والرماد وغيرها من القذوفات الصلبة ، فيظهر هذا المحيط بشكل سحابة ضخمة كثيفة داكنة وشديدة الحرارة جدا . فإذا كانت الغازات متدفقة من فتحة جانبية فإن هذه السحابة تندفع أفقيا فوق سطح الأرض بسرعة شديدة فتضئ عند اندفاعها على كل مظاهر الحياة والعمران التي في طريقها . وتشتهر بعض البراكين بهذه السحب وخصوصا بركان بيايس Mont Pelee في جزيرة

المرتبة Martinique في البحر الكاريبي ، غنى أحد ثورانات هذا البركان (سنة ١٩٠٢) تكومت بحجارة ضخمة من هذا النوع واندمجت بفازاتها السامة وحرارتها المرتفعة وبما تحمله من مواد صلبة كثيفة بسرعة تفوق سرعة أقوى العواصف فاضت في تون معدودة على كل ما صادفها من مظاهر الحياة والممران بما في ذلك مدينة سانت بيير St. Pierre التي تبعد عن البركان بحوالي ثمانية كيلومترات فدمرتها وقلبت كل سكانها البالغ عددهم حوالي ثلاثين ألفاً . وهذه الحادثة بالذات هي التي وجهت نظر بعض العلماء إلى الاهتمام بدراسة هذا النوع من البراكين ، فأعطوا له اسماً جديداً انجيزياً منسوباً إلى بركان بيليه وهو « السحابة البيلية » ، ويقابل في اللغة الفرنسية التعبير العامي « نوبوي أردنت » Nuo Ardente .

والمنفذ أن هذه الظاهرة تحدث نتيجة لتجميع كميات ضخمة من المواد الغازية في منطقة ما بها التي يندى البركان خلال مدة طويلة مع إسداد طريق خروجها إلى السطح ، ففي هذه الحالة تزايد كمياتها ويزداد ضغطها حتى تستطيع في النهاية أن تشق لنفسها طريقاً إلى السطح ، وقد تؤدي قوة اندفاعها وضغطها إلى الغذف بالخرط البركاني كله أو بقسمته إلى أعلى ، وقد كان تكون السحب البركانية الكثيفة واضعاً كذلك في ثورانات بركانية أخرى غير ثورانات بركان بيليه ، ومنها بعض ثورانات بركان كراكاتوا و بركاني فالكان Vulcan و فيزوف في جزر لا باري بجنوب إيطاليا ، ولكن سحب الغازات الكثيفة كانت في أغلب هذه الثورانات ترتفع إلى أعلى (بخلاف ما حدث في بركان بيليه) وكانت في بعض الأحيان تأخذ الشكل الذي يشبه بعض الكتاب بشكل عمرة القديس .

تقسيم البراكين على حسب نشاطها :

لما كانت البراكين من المظاهر الطبيعية التي لازمت الأرض منذ نشأتها الأولى لم يكن الطبيعي أن يكون بعضها أقدم بكثير من بعضها الآخر وأن يكون بعضها قد انتهى منذ زمن بعيد بعد أن استقرت المنطقة التي ظهر فيها

بينما يكون بعضها الآخر حديث العهد ويكون معرضا للثوران بسبب وجوده في منطقة مازالت غير مستقرة . وعلى هذا الأساس قسمت البراكين تقسيما عاما إلى ثلاثة أنواع هي :

١ - البراكين الخاملة Extinct ، ويقصد بها البراكين التي ظهرت في العصور الجيولوجية المختلفة ثم توقفت نشاطها منذ زمن بعيد ولم يعد يبدو عليها أى مظهر من مظاهر النشاط ، بل ولم يعد من المحتمل أن يظهر عليها أى نشاط في المستقبل . وقد استقرت المناطق التي توجد فيها . ومثل هذه البراكين كثيرة جدا ومتشرة في كل القارات ، وتقدر أعدادها بالآلاف ولا يزال معظمها محتفظا بشكله المخروطي الواضح .

٢ - البراكين الهادئة Dormant ، ويقصد بها البراكين التي هدأت منذ وقت قريب نسبيا مثل البراكين التي ظهرت خلال العهد التاريخي القديمة أو الوسيطة ، فمثل هذه البراكين لا تزال معرضة لأن تهدد نشاطها وتثور خصوصا إذا كانت موجودة في منطقة من مناطق الضعف المعروفة في قشرة الأرض ، وهي مناطق الانكسارات الحديثة .

٣ - البراكين النشطة Active ، ويقصد بها البراكين التي تارت في عهد قريب أو التي تبدو عليها بعض مظاهر النشاط مثل خروج بعض الغازات من فوهاتها . ومثل هذه البراكين معرضة للثوران في أية لحظة . ومن أمثلتها معظم براكين جنوب إيطاليا وأهمها براكين فيزوف وإتنا واسترابولي وبعض براكين اندونيسيا مثل إركان أجونج وبركان كراكاتوا وغير ذلك من البراكين الأخرى المنتشرة في العالم . ويبلغ مجموع هذا النوع من البراكين الهادئة (التي مازال هناك احتمال عودة نشاطها رغم طول مدة هدوئها) ٨٠٠ بركان موزعة في كل القارات ، ونصف هذا العدد تقريبا عبارة عن براكين نشطة بالفعل .

أسباب دوران البراكين :

من الثابت أن دوران البراكين ينشج عن قوى وتغيرات معينة تحدث في قشرة الأرض أو تحتها . ولكن ليس من السهل تحديد الدور الذي تلوم به القوى والتغيرات المختلفة وعلاقة كل منها بتركيب الباطن وحركات القشرة . خصوصاً وأن الدورانات البركانية لا تأخذ شكاً رأياً شكلاً واحداً بل إنها تختلف من بركان إلى آخر ، ومع ذلك فمن المؤكد أن العوامل التكتونية وما يترتب عليها من تكسر وانثناء لها علاقة قوية بدوران البراكين لأنها قد تؤدي إلى زيادة الضغط الواقع على المagma في بعض المواضع وتقليله في مواضع أخرى ، مما يؤدي إلى انصهار المagma في المواضع الأخيرة إن لم تكن منصهرة بالفعل ثم اندفاعها إلى أعلى بتأثير الضغط الذي تعرض له . وهذا يتفق مع ما هو معروف من وجود كل البراكين النشطة في الوقت الحاضر في مناطق النصف من قشرة الأرض ، وهي المناطق التي مازالت غير مستقرة تماماً والتي مازالت معرضة لحدوث الزلازل ولذلك فإن هناك تطابقاً كبيراً بين توزيع البراكين وتوزيع الزلازل في العالم .

وبالإضافة إلى العوامل التكتونية هناك عوامل أخرى يمكن أن تتدخل في الدوران البركاني وفي تحديد طبيعته ومن أهمها التركيب الصخري للمنطقة وتجمع الغازات والابخرة في تركيبات خاصة تمتس فيها ويكون لها في هذه الحالة ضغط شديد جداً ، فإذا ما سبغت لها فرصة للانطلاق فإنها تنطلق بقوة وتندفع وراءها كميات من المagma المنصهرة ، كما تحمل عند انطلاقها كثيراً من الأتربة وأجزاء الصخور التي توجد في طريقها ، وإذا حدث وتسربت المياه السطحية وخصوصاً مياه البحار إلى أعماق كبيرة ووصلت إلى تكوينات المagma فإنها تدفع فجأة ويؤدي تجمع البخار إلى ترايد ضغطه مما يساعد على حدوث الدوران البركاني . ومن الأدلة المهمة التي تذكر لترجيح هذا الرأي أن معظم

البراكين النشطة موجودة بالقرب من البحر ، وأن بخار الماء ينطلق منها منذ
ثورانه . البراكين الضخمة تؤدي إلى سقوط الأمطار بغزارة في منطقة
البركان .

غطاءات اللافا LAVA SHEETS

وهي عبارة عن هضاب مسطحة مكونة من اللافا المسعدة من المagma المنصهرة
بعد خروجها إلى السطح من طريق شق أو أكثر من شقوق الفثرة *Fissures* ،
وأهم ما يميزها عن المخروطات البركانية أن المواد المنصهرة التي كونها لا تخرج
إلى السطح عن طريق فتحة مركزية بل من طريق شقوق عديدة وأن خروجها
لا يكون مصحوبا بأي انفجارات بل يكون في شكل انسيابات هادئة ، وأنها
لا تشكل أي مخروطات ظاهرة بل تتوزع على مساحة كبيرة من سطح الأرض
وتتراكم منها طبقات متتالية كلما تكرر خروج اللافا القاعدية (البازلتية) التي
تتميز بسيولتها ، وهذا هو السبب في انتشارها على مساحات كبيرة ، وقد
يصل سمك كل طبقة من الطبقات التراكمية إلى بضعة أمتار إلا أن سمكها الكلي
قد يصل إلى ألف متر أو أكثر ، وتكون منها في هذه الحالة هضاب
الارتفاع والامتداد .

ومن أمثلة غطاءات اللافا التي تكونت بهذه الطريقة الغطاء الضخم الذي يشغل
مساحة كبيرة في غرب الولايات المتحدة ويشغل قسما كبيرا من ولايات واشنطن
وأوريجون وأيداهو ، ويتألف مساحته حوالي نصف مليون كيلو متر مربع ،
وكذلك الغطاء الذي يشغل مساحة واسعة في شمال غرب هضبة الدكن ويطلق
عليه اسم مصاليد الدكن *Deccan Traps* ويتألف مساحته حوالي نصف مليون
كيلو متر مربع ، وكذلك الغطاءات التي تغطي منطقة واسعة في شمال شرق
أستراليا والتي تغطي منطقة واسعة كذلك في جزيرة أستراليا (راجع شكل ٣٣)

النشاطات البركانية للبراكين .

إن أهم النشاطات البركانية في العالم هو النشاط الذي يمتد حول المحيط الهادى والذي يشتهر لهذا السبب باسم «الحلقة النارية» ففي هذا النشاط يوجد حوالي ٨٨٪ من براكين العالم . بعضها نشط وبعضها خامد أو هادى . ويمكننا أن نلاحظ هذا النشاط من البراكين امتداد من جنوب أمريكا الجنوبية نحو الشمال على طول جبال الانديز حتى أمريكا الوسطى والمكسيك . ويوجد في جبال روكي عدد كبير من البراكين الخاملة ، ولكن أغلبها لم ينمذ إلا في أزمنة حديثة نسبيا . ثم تظهر البراكين النشطة مرة أخرى في ألاسكا . ومن هنا يواصل النشاط امتداده في جزر ألوشيان وشبه جزيرة كلتشيك ثم في جزر كوريل واليابان وفرموزة والفلبين حتى مجموعة جزر ملقا Moluccas . وهناك نطاق آخر يمتد عبر جزر أندونيسيا ويكاد يتصل بالنطاق السابق عند جزر ملقا . وهو يبدأ في جنوب برما ويمتد عبر جزر اندمان وسومطرة وسابوا وإيربان وجزر سليمان حتى نيوزيلندة . ويعتقد البعض أن مجموعة البراكين الخاملة التي توجد في القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) ، ومن أبرزها بركان إريبوس Mount Erebus ليست إلا امتدادا لهذا النطاق . وهناك عدد من البراكين النشطة في مجموعات الجزر التي تنتشر في وسط المحيط الهادى ، كما هي الحال في جزر ساندوتش Sandwich ، وتانجا Tonga وساموا Samoa . ويلاحظ أن مجموعات الجزر التي في وسط هذا المحيط يرجع بعضها إلى أصل بركاني ينتمى إلى بعض بعضها الآخر إلى أصل مرجاني وتعتبر جزر فيجي من نوع الجزر البركانية ، ولكن لم يعد يظهر بها أى نشاط بركاني في الوقت الحاضر .

ويوجد نطاق آخر من البراكين يمتد من الشرق إلى الغرب في جنوب



شكل (٨٤) توزيع البراكين في العالم

تأرقى آسيا وأوروبا، ففي آسيا يوجد عدد من المخروطات البركانية في المنطقة التي تلي عندها حدود إيران بحدود أفغانستان وبلخستان، ومعظمها براكين خامدة ولكن بعضها ما زالت تخرج منه بعض الغازات الكبريتية من وقت إلى آخر. ويوجد كذلك عدد من البراكين الخاملة في بلاد القوقاز ومن أشهرها جبل البرز Elburz في القوقاز وجبل أرارات في أرمينيا.

وتعتبر مجموعة البراكين التي في جنوب إيطاليا وأمها فيدوف وانا واسترامبوله من أشهر براكين العالم التي ما زالت نشطة. ويشتهر بركان استرامبوله في الوقت الحاضر باسم فنار البحر المتوسط بسبب اللون الأحمر للاحيم التي ما زالت تخرج من فوهته، والتي ينعكس ضوءها على سحب الدخان التي فوقه. ويوجد هذا البركان في جزر لاباري Lapari Islanda. ررب الطرف الجنوبي الأقصى لشبه الجزيرة الإيطالية، وتنبثق اللافا من فوهته انبثاقا هادئا بمعدل مرة كل ساعة أو أقل قليلا.

ويوجد في جزر الهند الغربية عدد من المخروطات البركانية وخصوصا

في جدر أنثيل المغربي التي ترجع في جملتها إلى أصل بركاني . ومعظم البراكين هنا من النوع الحامد ، وأن كان بعض منها مازالت تبدو عليه مظاهر النشاط .

وبالإضافة إلى النشاطات البركانية الكبرى التي وصفناها وجد عدد من البراكين في أيسلندة التي تعتبر في الواقع جزءا من نطاق بركاني قديم كان يمتد من جرينلاند في الغرب حتى شمال أيرلندة في الشرق . وتعتبر جزر آزور ومديرا والرأس الأخضر (كيب فرد) والكناريات كلها من أصل بركاني ، ولكن كل براكينها قد بحدت في الوقت الحاضر ، ومع ذلك فقد حدثت خلال بعض العمود التاربخية بعض الثورات البركانية في جزر الكناريات .

بعض مظاهر النشاط الأخرى الشبيهة بالبراكين :

ذكرنا أن النشاط البركاني بمعناه الواسع يمكن أن يشمل خروج أي مادة من باطن الأرض إلى السطح أو من طبقات القشرة العميقة نتيجة لحدوث أي تغيرات لها علاقة بالباطن ، ولهذا فمن الممكن أن نضم إليه بعض الظواهر الأخرى الشبيهة بالبراكين وأهمها :

١ - البراكين الطينية : وهي عبارة عن براكين تخرج منها مياه طينية تختلط بها كثير من الغازات الكربونية . فمعد اندفاع هذه الغازات من الطبقات العميقة للقشرة تندفع معها أحيانا بعض المياه الجوفية ، فإذا ما صادفت هذه المياه عند خروجها رواسب طينية فإنها تختلط بها وتخرج إلى السطح بشكل نافورة مياه طينية شديدة الحرارة . وتوجد هذه البراكين عادة في المناطق الغنية بالبتروول بسبب تجمع كثير من الغازات الكربونية تحت طبقات القشرة ، ولذلك فإن ظهورها يعتبر في الغالب دليلا قويا على وجود البترول في المنطقة .

وقد يكون انفجار البركان المائي قريبا جدا كما يحدث فهو الظواهرات البركانية العادية مع اختلاف المواد التي تخرج منها الحالقيين. وقد حدث في شهر مارس سنة ١٩٥٩ أن ظهر بركان طينى في جزيرة ستغالين في أيسلندا لم يكن قد حدث فيها أى ثوران بركانى من قبل. وقد بدأت الظاهرة بحدوث ارتفاع في قشرة الأرض في قاع أحد الوديان وظهوره بشكل قبة. وبعد ذلك بدأ اندفاع الغازات والمواد الطينية بكثرة وخرج منها حدوث انفجارات عنيفة.

٢. الميون والنافورات الحارة Hot Springs and Geysers :

تعتبر هذه الميون والنافورات من الظواهرات التي لها من غير الشك أهمية بالغة في باطن الأرض. ومصدر المياه الحارة هو المياه التي تأسرب في شقوق القشرة الأرضية وتصل إلى أعماق كبيرة درجة حرارتها مرتفعة، وتظهر الميون والنافورات إذا وجدت هذه المياه طريقا يوصلها إلى السطح، وقد تذهب المياه عند خروجها بعض الأملاح مثل أملاح الكبريت التي تجعل لها قيمة طبية في بعض الأماكن، ومن أمثلتها مياه ميون إخوان في مصر، وعين السخنة في جنوب السويس وعين حمام فرغون في شبه جزيرة سيناء وتخرج المياه الكبريتية من العين الأخيرة في درجة حرارة ٧٣° مئوية تقريبا.

وإذا كانت المياه الحارة واعدة تحت ضغط شديد فإنها تندفع بعد وصولها إلى سطح الأرض إلى ارتفاع قد يصل إلى ٩٠ مترا أو أكثر. وأشهر المناطق بنافوراتها الحارة هي جزيرة أيسلندا التي يوجد بها حوالي مائة نافورة من هذا النوع، كما يوجد عدد من هذه النافورات في منطقة يلوستون بارك Yellowstone Park في إقليم جبال روكي بالولايات المتحدة، ويوجد عدد آخر في نيوزيلانده وفي مناطق أخرى كثيرة متفرقة في العالم.

الباب الخامس

العوامل الخارجية التي تساهم في تشكيل سطح اليابس

- الفصل الثالث عشر : التجوية .
- الفصل الرابع عشر : التعرية الهوائية .
- الفصل الخامس عشر : المياه الجارية .
- الفصل السادس عشر : التعرية البحرية .
- الفصل الثامن عشر : حركات الانزياح والانزلاق على المنحدرات .

الفصل الثالث عشر

التجوية

WEATHERING

لهيديد عام :

بالإضافة إلى العوامل للتكتونية التي سبق شرحها فإن الصخور التي يتكون منها سطح الأرض تنفخ كذلك بفعل عوامل خارجية كثيرة ومتنوعة يؤثر كل منها في الصخور بشكل خاص وإن كان من النادر أن يكون تأثير أى منها مستقلاً عن تأثير غيره، والغالب هو أن يعمل أكثر من عامل من هذه العوامل في المكان الواحد في وقت واحد، وليس المظاهر الجيومورفولوجية لأى منطقة من المناطق إلا نتيجة لتضافر مجموعته معقدة من العوامل الباطنية والخارجية على حد سواء . ومن الواضح أن المقصود بالعوامل الخارجية هو العوامل التي لا علاقة لها بحركات الباطن بل ترتبط بظروف المناخ والمياه الحرارية والتغيرات الكيميائية والميكانيكية التي تحدث على السطح

وتنقسم العمليات التي تقوم بها العوامل الخارجية في تشكيل سطح الأرض إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي :

عمليات التجوية Weathering : ويقصد بها عمليات تفكك الصخور وتفتتها أو تحللها مع بقائها في أماكنها .

٢ - عمليات النحت والنقل والارساب : وهي تمثل ساحة من العمليات التي تبدأ بعملية نحت الصخور Erosion أو تجويتها ، ثم نقل المواد المنقذة Transportation إلى أماكن أخرى بواسطة الرياح أو المياه أو الجليد أو غيرها وتنتهي بترسيب هذه المواد في الأماكن الجديدة Deposition . وهذه

العمليات هي التي يطلق عليها في مجرمها اسم «التعرية» *Decadation* . ويطلق على العوامل التي تسببها اسم «عوامل التعرية» ، وذلك على الرغم من أن العملية الأخيرة منها وهي عملية الإرساب ليست في الواقع عمالة تعرية ، بل أنها على العكس من ذلك عملية تفتية وبناء *Aggradation* . ونظرا لأن العمليتين الأولى والثانية هما عمالتا التفت والتقل يؤدهان إلى تآكل وتخفيض سطح الأرض فانها هما اللتان يشابهان تغيير «التفت» *Degradation* .

٣ - الانهيارات التي تتعرض لها طبقات الصخور وتكوينات التربة ، وهي لا تعبر من عمليات التعرية على الرغم من وجود بعض الشبه في النتائج التي تترتب على كل منها، وذلك بسبب اختلاف طبيعة كل منها واختلاف العوامل التي تدخل في حدوثها .

تعريف التجوية :

المقصود بالتجوية هو تفكك الصخور وتفتتها أو تحللها وهي في موضعها *in situ* أي دون أن يغير موضع المواد المتكككة أو الفتنة أو المنحالة . ومن الواضح أن تفكك الصخور وتفتتها هما عمليتان آليتان أو طبيعيتان أما تحللها أو تحال معادتها فهي عملية كيميائية ، وبناء على ذلك فإن هناك نوعين من التجوية أحدهما آلي أو طبيعي والثاني كيميائي . وعلى الرغم من هذا التقسيم لمثل النادر أن يحدث أي نوع منها بمفرده ، والغالب هو أنها يحدثان معا ، ولكن قد يكون أحدهما سائدا على الآخر ويكون تأثيره أكبر وأوضح منه . ويعتقد ذلك على مدى توفر الظروف الملائمة لأى منها في البيئات المختلفة .

ومن الواضح أن عمليات التجوية متعلقة تماما عن عمليات التعرية ، ومع ذلك فإن هناك علاقة قوية بينهما لأن كلا منها تساعد الأخرى على القيام بدوره . فمن المؤكد أن عوامل التعرية تستطيع أن تفتت الصخور التي أضفتها أو فتحتها التجوية بدرجة أكبر من فتحها الصخور التي لم تتأثر بها ، كما أنه من

الأكيد من ناحية أخرى أن إزالة عوامل التعرية للأجزاء الصخرية التي تشكلت وتفتت بواسطة التجوية يؤدي إلى كشف سطوح جديدة من الصخر فتقوم التجوية بأفهامها وتذيبها من الأخرى ، ومعنى ذلك أن هناك تضافرا بين عمليتي التجوية وعمليات التعرية على تشكيل سطح الأرض .

العوامل التي تتحكم في التجوية :

إن العوامل التي تتحكم في التجوية كثيرة ومتغايرة ، وليس من السهل أن تفصل الدور الذي يقوم كل عامل منها في تشكيل سطح الأرض من الدور الذي يقوم به غيره من العوامل بما في ذلك عوامل التعرية ، ومع ذلك فمن الممكن أن نقسم العوامل التي تؤثر في التجوية إلى أربعة أقسام هي :

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| ١ - تركيب الصخر | . Structure of the Rock |
| ٢ - العوامل المناخية | . Climatic Factors |
| ٣ - طبوغرافية سطح الأرض | . Surface Topography |
| ٤ - العوامل الحيوية | . Biological Factors |

أولا - تركيب الصخر : يشمل هذا التركيب بمعناه الواسع بكل ما يتعلق بالتركيب المعدني والكيميائي للصخر ، ونسيجه (أي حجم الحبات التي يتكون منها ونظام تكتلها) ، وكيفية وجوده في تراكيب طبقية أو غير طبقية ، وما يوجد به من مناطق ضعف مثل المفاصل والشقوق والأسطح الطبقية وغيرها .

فالمعادن التي تدخل في تركيب الصخر لها دخل كبير في تحديد نوع التجوية التي تؤثر فيه وقوة تأثيرها ، وذلك على حسب طبيعة هذه المعادن فمن حيث سرعة تمددها بالحرارة وتقلصها بالبرودة وبلغ لابلتها للذوبان في الماء أو الانحماش . وعلى هذا الأساس فإن هناك تباينة كبيرا بين المعادن في

مقدرتها على مقاومة التجوية أو مقاومة أحد نوعيها . فإذا أخذنا الصخور النارية مثلا نجد أن بعض معادنها مثل الأوجيت والأوليفين سريعة التأثير بالتجوية في حين أن بعضها مثل الكوارتز والبيوتيت لا تكاد تتأثر بها .

وقد لوحظ بصفة عامة أن الصخور القاعدية أسهل تأثرا بالتجوية من الصخور الحمضية ، وأن لون المعدن له دخل في درجة تأثره بالتجوية ، وأن المعادن الداكنة أسرع تأثرا من المعادن ذات الألوان الفاتحة . والصخر الذي يتكون من معادن تتباين في درجة تأثرها بالتجوية يكون تفككه وتفثته أسرع من الصخر الذي يتكون من معادن تتأثر بها بدرجات متساوية أو متقاربة . ولئن كان من بين مركبات الصخر أملاح قابلة للذوبان في الماء فإن تأثير الماء في تجويتها أسرع مما لو كان الصخر خاليا منها .

وفيما يخص التسيج الصخر فمن الواضح أنه كلما كان هذا التسيج غشنا (أي كانت الحبات التي يتكون منها كبيرة) كان الصخر أكثر تأثرا بالتجوية مما لو كان نسيجه دقيقا ، لأن التسيج الغشن يسمع بهرب المياه وتوغل للآثار التجوية إلى داخل الصخر أكثر من التسيج الدقيق . كما أن وجود المفاصل والشقوق وسطوح الانفصال في الصخر يساعد كذلك على سرعة تأثره بالتجوية ، لأنها هي الأخرى تؤدي إلى توغل تأثير عوامل التجوية إلى الأجزاء الداخلية من الصخر بالإضافة إلى تأثيرها على أجزائه السطحية .

ثانيا - العوامل المناخية : إن أهم العوامل المناخية التي لها علاقة بالتجوية هي درجة الحرارة والرطوبة فهذان العاملان هما اللذان يحددان نوع التجوية الذي يسود في أي منطقة من المناطق وسرعة تأثير الصخور بها . وقد لوحظ بصفة عامة أن التجوية الآلية تسود في المناخ البارد والمناخ الجاف بينما تسود التجوية الكيميائية في المناخ الرطب ، سواء أكان حارا أو باردا . ولكن على

الرغم من ذلك فمن النادر أن يوجد نوع واحد من التجوية بمفرده في أي إقليم من الأقاليم . ففي الأقاليم الباردة مثلا تسود التجوية الآلية التي يسببها تكرار حماية تجمد الماء وانصهارها في داخل مسام الصخور ومفاصلها وشقوقها ومع ذلك فإن التجوية الكيميائية توجد في هذه الأقاليم كذلك بدرجة قد لا تقل عنها في الأقاليم الباردة ، وتفسر ذلك هو انخفاض درجة الحرارة في هذه الأقاليم بعوضه أن غاز ثاني أكسيد الكربون ، وهو أحد الغازات الأساسية في التجوية الكيميائية ، يكون ذوبانه في الماء البارد أسرع من ذوبانه في الماء الدافئ . حتى أن سرعة ذوبانه في درجة حرارة ٢٠° تكون حوالي نصف سرعة ذوبانه في درجة قريبة من درجة التجمد .

وكذلك في الأقاليم الجافة ، وخصوصا الأقاليم الصحراوية ، تسود التجوية الآلية التي يسببها ارتفاع المسد الحراري في هذه الأقاليم ، وتعرض الصخور لتأثير التمدد والانكماش بسبب الفروق الحرارية الكبيرة بين الليل والنهار . وهذا هو العامل الرئيسي للتجوية في هذه الأقاليم . ومع ذلك فإن التجوية الكيميائية تلعب دورا هاما في هذه الأقاليم . لأنها كانت الصحارى جافة فإن هوائها يحمل دائما بعض بخار الماء . وفي كثير من المناطق وخصوصا المناطق الساحلية ، يكتنف هذا البخار بشكل ندى أو ضباب ، كما أن الأمطار قد تستطيع ، على الرغم من اندرتها أن تبلل الأرض ، بل وقد تتجمع لفترات طويلة نسبيا في بعض الوديان والمنخفضات ، كما أن المياه الجوفية في هذه الأقاليم تقترب أحيانا من سطح الأرض بل وقد تتكون منها في بعض المنخفضات بحيرات دائمة . وكثيرا ما يحدث أن ترتفع المياه الجوفية في المنخفضات إلى السطح بواسطة الخاصية الشعرية ، فتتبخر وتتكون منها مسطحات محلية أو سيخات ، وقد يحدث العكس وتلتصق بعض المياه السطحية في مسام الصخور وشقوقها فتترك هذا بخرها راسبا ملحية داخل هذه الصخور . وهكذا

نجد أن الرطوبة اللازمة للتجربة الكيميائية موجودة في كثير من الحالات في الأقاليم الصحراوية ، ولذلك فإن هذا النوع من التجربة يؤدي دوره في هذه الأقاليم جنباً إلى جنب مع التجربة الآلية .

ثالثاً : طوبوغرافية سطح الأرض : فمن المعروف أن هذا العامل هو الذي يحدد كمية المطر المعرض للتجربة ، كما أنه هو الذي يتحكم في توزيع الأمطار وتوزيع المياه وتوزيع الحياة النباتية في المنطقة . وقد لوحظ بصفة عامة أن المنحدرات الشديدة أكثر ملائمة للتجربة الآلية من الأراضي المنخفضة بينما تكون الأخيرة ، وخصوصاً في الأقاليم الرطبة ، أكثر ملائمة للتجربة الكيميائية .

العوامل الحيوية : تدخل الكائنات الحية بمختلف أنواعها ، نباتية كانت أو حيوانية في التجربة بنوعها الآلي والكيميائي بطرق متعددة ، فالحياة النباتية مثلاً لها دور مهم في التجربة الآلية لأنها عندما تنمو يجذورها في المعمور المختلفة ، سواء منها ما يوجد تحت التربة أو ما هو ظاهر على السطح ، فإنها تضعف هذه المعمور وتعمل على تفكيكها ، وكذا كان النبات من نوع الأشجار أو الشجيرات التي تتميز بجذورها الخشبية القوية كلما كان لها دور أكبر في التجربة الآلية ، فبالإضافة إلى إضعافها للمعمور وتفكيكها لها ، فإنها تعمل كذلك على توسيع الشقوق والمفاصل الموجودة فيها فتزيد من تعرضها لعوامل التعرية ولعوامل التجوية في نفس الوقت ، ومع ذلك فإن النباتات تقوم بدور آخر مهم وهو حماية التربة من أخطار التعرية بمختلف أنواعها وخصوصاً من التعرية المائية على منحدرات الجبال .

أما دور النباتات في التعرية الكيميائية فيتلخص في أن النباتات تأخذ من التربة ومن المعمور ما يلزم لها من أملاح ولكنها تعطيها من ناحية أخرى بعض عناصرها العضوية ، كما أن البقايا النباتية التي تتحلل من التربة بواسطة

البكتريا تؤدي إلى تكون بعض الأحماض العضوية وبعض النى أكسيد الكربون وقايل من الذئادر وحامض الئئترك ، وعندما تحتلظ هذه المواد بالماء فإنها تساعد على إذابة بعض العناصر المعدنية التى لا تذوب فى الماء العادى مثل اللئجونات .

أما فيما يخص الدور الذى تقوم به الحياة الحيوانية فى التجوية فإن له هو الآخر منظم مختلف . فالحيوانات الحفارة Rodents والديانات والقسل كلها تقوم بعملات تفيت لا يستهان بها فى كثير من المناطق ، فقد لوحظ مثلا أن بعض الديدان تفيد على التربة لتعص منها ما يلزمها من غذاء ثم تخرجها بعد ذلك ، وقد قدر بعض الباحثين . عدد الديدان التى توجد فى فدان واحد من الأرض بنحو ١٥٠ ألف دودة ، وأن هذا العدد يستطيع أن يخرج فى سنة واحدة حوالى خمسة عشر طنا من المواد الناعمة التى لم يفسدها ، ومثل هذا يقال كذلك على النمل المشهور باسم النمل الأبيض Termites الذى تشتهر به الأقاليم المدارية فى أفريقيا وأمريكا الجنوبية . فهو الآخر ذو قدرة عجيبة على تفيت المعخور وقطب التربة بل وعلى هدم المباني . وبما لا شك فيه أن مجرد حركات الحيوانات وحركات الإنسان نفسه ، سواء على أقدامه أو فى آلياته المختلفة ، كلها تلعب أدوارا مهمة فى تفيت المعخور ، فإذا أضفنا إلى ذلك

ما يقوم به الإنسان من تكسير وتفيت متعمدين المعخور سطح الأرض وغير ذلك من مظاهر نشاطه أمكننا أن ندرك مبلغ أهمية الدور الذى تقوم به الحياة الحيوانية عموما فى التجوية الآلية . أما دورها فى التجوية الكيميائية فإنه ينتج عن قيامها بوظائفها العضوية المختلفة ، وبخصوص سميات التى تفرزها وينتج عنها من عمليات تحلل كيميائى تؤثر بدورها فى المعخور . كما أن الموت المسعر لكل الكائنات الحيوانية وتحلل أجسادها فى الأرض يؤدي هو الآخر إلى حدوث كثير من عمليات التجوية .

أهم عمليات التجوية ومظاهرها :

تتضمن التجوية عموماً ، سواء منها الجوية لآلية أو التجوية الكيميائية ، عمليات متباينة ، نأخذ مظاهر متباينة كذلك ، وفيما يلي عرض سريع لأهم هذه العمليات ومظاهرها .

١- آليات التجوية الآلية ومظاهرها :

١- التفكك Exfoliation : ويقصد به انفصال الأجزاء الخارجية من الصخر إلى كتل قشور تلي على سطحه إلى أن تسقط أو ترتطم عوامل التعرية ، وعندئذ ينكشف سطح جديد من الصخر يتعرض للتفكك بنفس الطريقة . ويحدث التفكك بصفة خاصة في الصخور النارية (مثل الجرانيت) وغيرها من الصخور التي توجد بها خطوط ضعف موازية للسطح . والسبب الرئيسي للتفكك هو أن تأثيرات التنازع الحرارية والبرودة وما يترتب عليه من تنازع التمدد والانكماش أواد الصخر يكون أقوى عند سطحه منه في الأجزاء الداخلية ، لأن الصخور عموماً رديئة التوصيل للحرارة ، واذك فإن الطبقة السطحية تتفكك بالتدريج عن الطبقة التي تحتمل على طول خطوط الضعف وتظهر بشكل قشور تسقط من نفسها بسبب الجاذبية إذا كانت على الجوانب أو ترتطم المياه والرياح إذا كانت على السطح العلوي ، والدليل على أهمية تنازع التمدد والتقلص في تجوية الصخور بصفة عامة وفي تفككها بصفة خاصة أجرى بعض الباحثين تجارب على بعض الصخور مثل الجرانيت الذي يتميز من أكثر الصخور تأثيراً بهذه العملية . ففي إحدى التجارب العملية تبين ، على سبيل المثال ، أننا لو رفعا درجة حرارة كتلة من هذا الصخر قطرها ثلاثون متراً بمقدار ٨٣ درجة مئوية فإنها تتمدد بمقدار سنتيمترين ونصف تقريباً ، وأنها تنكمش بنفس النسبة لو انخفضت درجة حرارتها بنفس المقدار .

ويرى بعض الباحثين أن التقشر قد يحدث كذلك في الصخور إذا فقدت المعادن التي تتكون منها استقرارها Stability ، ويحدث ذلك إذا تغيرت ظروف الضغط والحرارة التي نشأت فيها هذه الصخور . وهذا هو ما يحدث عادة عندما يخفف الضغط الواقع عليها بسبب إزالة الطبقات التي فوقها أو بسبب التكسر والتفتت والمفروض هو أن فقدان المعادن لاستقرارها يؤدي إلى حدوث ضغط داخلي للصخر مما يؤدي إلى إضعافه وتفتته . ولكن هنا يرى بعض الباحثين أن تأثير هذا العامل مقصور على الصخور الجوفية فإن بعضهم الآخر يرى أن تأثيره يوجد كذلك على السطح ، وخاصة على جوانب الشقوق والمفاصل .

٢ - التفكك بسبب تجمد المياه أو ترسيب الأملاح داخل الصخر : يحدث تجمد المياه بكثرة في الأقاليم الباردة ، أما ترسيب الأملاح فيحدث بصفة خاصة في الأقاليم الصحراوية . والواقع أن عملية تجمد المياه في داخل شقوق الصخور ومسامها أقوى عمليات التجوية الآلية في الأقاليم الباردة ، لأن تجمد المياه يؤدي إلى زيادة حجمها بنسبة ١٠٪ تقريباً من حجمها الأصلي ، ويؤدي ذلك بالنتيجة إلى زيادة ضغطها زيادة كبيرة جداً . ويقدر الضغط الذي يسببه تجمد المياه في داخل الصخور بنحو ١٠٠ رطل على كل بوصة مربعة من السطح الملامس لها . ولا شك أن تكرار هذه العملية يؤدي إلى إضعاف الصخر وتفككه ، وكلما كانت شقوق الصخر ومفاصله ومسامه كبيرة وكانت به سطوح طبقية واضحة كان تفككه أسرع .

أما ترسيب الأملاح فإنه يحدث في الصحاري عندما تلبس المياه التي تتسرب في داخل الصخر ، حيث يؤدي ذلك إلى تكون البلورات الملحية التي يكون لها كذلك ضغط كبير نسبياً ، كما أن تكرار ذوبانها وترسيبها في حد ذاته يعتبر عاملاً من عوامل إضعاف الصخر وتجهينه .

٣ - التفكك والتفتت بدل الكائنات الحية . إن تأثير الكائنات الحية يختلف مراتبها في التجوية له مظاهر عديدة ليس من السهل حصرها ، ويكفي أن نعيد الإشارة هنا إلى ما سبق أن ذكرناه من أن جذور النباتات وخصوصا النباتات ذات الجذور الخشبية تعمل على توسيع شقوق الصخر وإضعافه ، ومن أن الحشرات الحفارة والديدان تقوم بتفتيت الصخر على نطاق واسع ، ومن أن الحيوانات الأخرى بما في ذلك أرقاها وهو الإنسان لها أدوار كبيرة في التجوية بنوعها .

٤ - التزعزيع القروي Colloid Plucking : ويعتمد به نزع أو انفصال قشرة أو طبقة رقيقة من الصخر نتيجة لانفصاله عن صخر كان ملتصقا بواسطة مادة لاصقة قوية . فقد ذكر أحد الباحثين حديثا أن وجود بعض المواد القروية وغيرها من المواد اللاصقة بين صخور القشرة الأرضية لابد أن يؤدي إلى التصاق بعض هذه الصخور ببعضها الآخر التصاقا شديدا جدا في بعض الأحيان . فإذا ما أدت الحركات الأرضية إلى فصل مثل هذه الصخور عن بعضها فإن المادة اللاصقة قد تنبلي كلها في أحد الجانبين وتتزعزع معها جزءا أو قشرة من الجانب الآخر ، وذلك بطريقة مشابهة لما يحدث باستمرار في حياتنا العادية ، عندما يلتصق جسمان لصقا شديدا فيزح أحدهما قشرة من الآخر عند انفصالهما .

عمليات التجوية الكيميائية ومظاهرها :

تتضمن التجوية الكيميائية عمليات محددة تتباين فيما بينها نباينا واضحا في نوع التغيرات التي ترتبط بها والمواد التي تنتج عنها ، ومع ذلك ، فإن هناك نتائج عامة تشترك فيها هذه العمليات بالنسبة للتجوية . وهذه النتائج هي :

١ - أن كل العمليات تؤدي إلى زيادة حجم المادة التي تتأثر بها وتؤدي بالتالي إلى حدوث ضغوط داخلية Stresses في هذه المادة .

٢ - أن المواد التي تنتج منها تكون عموماً قليلة الكثافة نسبياً .

٣ - لتناقص في حجم الحبيبات أو الذرات التي تتكون منها المادة ، مما يؤدي إلى زيادة المساحة الظاهرة من المادة بالنسبة لحجمها .

٤ - تكوين مركبات معدنية جديدة .

أما أهم العمليات التي تخضع لها هذه التجوية فهي :

١ - التكرين Carbonation : ويعتمد به ذوبان بعض الصخور مثل الصخر الجيري في الماء المذاب فيه ثاني أكسيد الكربون . ويحدث هذا مادام عندما تحمل الأمطار عند سقوطها بعض ثاني أكسيد الكربون من الهواء فتتحول إلى حامض كربوني مخفف جداً ولكنه مع ذلك يستطيع أن يحول كربونات الكالسيوم إلى بيكربونات كالسيوم قابلة للذوبان في الماء . ولكن من المعروف أن البيكربونات ليست من المعادن الثابتة ، ولذلك فإنها تعود للتسب من جديد عند تبخر الماء المذابة فيه وتتحول إلى توفاكلسية .

٢ - التأكسد Oxidation : ويعتمد به اتحاد الأوكسجين مع بعض المعادن مثل الحديد أو المواد التي يدخل في تركيبها ، فعندما تعرض هذه المواد للهواء والرطوبة فإن الحديد يتحد مع الأوكسجين ويحول إلى أكسيد حديدية يكون لونها بلياً أو مائلاً للأحمر ، وتكون هذه الأكاسيد ضحلة المقامعة وسرمان ما تلتفت . وإذا اختلطت بالصخور أو التربة فإنها تصبغها بلونها . وإذا كانت المواد الحديدية داخلة في تركيب الصخر نفسه كما هو الحال في كثير من الصخر الطينية ، فإن الصخر يظل محافظاً على لونه الأصلي مادام بعيداً عن الهواء ولكن سرعان ما يتحول إلى اللون البني أو الأحمر بمجرد ظهوره على السطح وتعرضه للهواء .

٣ - الذوبان Solution : ويعتمد به الذوبان البسيط الأملاح في الماء ، وتقتصر أهمية هذه العملية على المعخور التي تدخل في تركيبها أملاح قابلة للذوبان ، لما لاشك فيه أن ذوبان هذه الأملاح يترتب عليه تكوين فراغات في داخل الصخر مما يقلل من تماسكه ويجعله أكثر تعرضاً للتفكك والتفتت .

٤ - التحمر Hydrolisis : ويعتمد به التفاعل الكيميائي لبعض المعادن بواسطة الماء . وهذه العملية بالذات هي التي تؤدي إلى تحلل معادن الفلسبار وهي من أهم مركبات المعخور النارية . وعلى الرغم من أن هذا التفاعل يحدث مادة في الماء التي إلا أن سرعته تكون أبطأ لو أن الماء كان يعمل بعض ثاني أكسيد الكربون . وعملية التحمر هذه هي العملية الرئيسية المسؤولة عن تحول معادن الفلسبار إلى صلبات وكاولين .

٥ - التميع Hydration : ويعتمد به انضمام بعض المعادن للماء أو لبخاره من الجو مما يؤدي إلى تمددها وزيادة حجم بلوراتها ، ويؤدي ذلك بالتالي إلى حدوث ضغوط إضافية في داخل الصخر . وأوضح مثال لهذه المعادن هو سلفات الكالسيوم التي تتحول بواسطة التميع إلى جبس . ولا يمكن الجبس على أي حال من المكونات الرئيسية للمعخور ولكنه يوجد في بعض المناطق بشكل طبقات .

الأهمية الجغرافية للتجوية :

كما أن العوامل الجغرافية المختلفة مثل المناخ والتضاريس والكائنات الحية وتركيب المعخور هي التي تتحكم في عمليات التجوية فإن التجوية بدورها لها آثار مهمة على بعض المظاهر الجغرافية لسطح الأرض ، ويمكننا أن نلخص أهم المظاهر التي تتأثر بالتجوية فيما يلي :

(١) تكوين التربة : فالتجوية تعتبر عاملاً أساسياً في تكوين المواد المنفتحة التي تتكون منها التربة وبعض الأملاح التي تختلط بها ، فمتى ما تفتت المعخور

أو تتصلب مهادنها بالتجوية لانتها تذوب إلى مواد مفككة بعضها تذوب في الماء ، بعضها الآخر يمتزج قابل للذوبان ، والمواد التي تذوب في الماء تشمل بعض العناصر التي تختلف من بعض الذكوبات التي تتأثر بالتجوية الكيميائية مثل كربونات الكالسيوم وكربونات الصوديوم وكربونات المغنيسيوم ، فعندما تذوب بعض هذه الذكوبات في الماء الذي يحمل بعض ثاني أكسيد الكربون تختلف عنها عناصر الكالسيوم والصوديوم والمغنيسيوم ، وكلها عناصر يمكن أن تذوب في الماء وتتحول إلى محاليل ، أما المواد غير القابلة للذوبان فأهمها الحصى والرمل ، الطين والصخور والكاسيد الحديد ، والمعروف أن هذه الأكاسيد هي التي تعطى للتربة لونها الأحمر أو البني عند ما تتخلط بها .

(٢) تشكيل سطح الأرض : فالتجوية تعتبر عاملاً مساعداً للتعرية ، والعكس صحيح ، فهي التي تفكك صخور سطح الأرض فتعمل بذلك على تسهيل تحريكها ونقل موادها بواسطة عوامل التعرية ، وتتكشف بذلك سطوح جديدة للقيام بالتجوية بنفسها . وهكذا يأخذ سطح الأرض في الانخفاض بالتدريج . وفي المناطق المكونة من صخور جيرية أو درلوميتية قابلة للذوبان في الماء ، وخصوصاً الماء الذي يحمل بعض ثاني أكسيد الكربون ، ويكون دور التجوية في تخفيض الأرض أسرع منه في مناطق أخرى صخورها غير قابلة للذوبان . وتوضح هذه الظاهرة بصفة خاصة في الأقاليم المطيرة .

(٣) تكوين الكهوف والأنهار السفلية : ففي مناطق الصخور الجيرية يؤدي تآكل المياه الجارية لثاني أكسيد الكربون في شقوق الصخور ومسامها إلى تكوين كثير من الفجوات والكهوف وغيرها من الظواهر الكارستية ، وكثيراً ما تتصل الكهوف والفجوات بعضها ببعض تحت سطح الأرض فتتكون منها سراديب طويلة وقد تحوت مثل هذه الكهوف في كثير من المناطق إلى خزانات ضخمة للمياه الجوفية ، كما تحوت المراديب إلى أنهار سفلية يمد بعضها لمسافات طويلة .

افضل الرابع عشر

التعرية الهوائية

تهديد عام لعوامل التعرية :

لئن كان أثر العوامل الكونية على سطح الأرض قد أخذ يضعف بمرور الزمن بسبب تزايد استقرار القشرة ولم يعد يؤثر بوضوح إلا في نطاقات الضعف التي ما زالت تعرض لبعض الحركات التي يدل عليها حدوث الزلازل ونوران البراكين ، فإن العوامل الخارجية التي تمثلها عوامل التعرية وهوامل التعرية ما زالت وستظل دائما تقوم بأدوار هامة في تشكيل سطح الأرض . وقد تختلف اختلافا جوهريا عن التعرية ، فبينما لا تتضمن التعرية تحريك المواد التي تنتج عنها من أماكنها فإن التعرية تتضمن عمليات كثيرة تتعلق في نحت الصخور ونقل موادها من أماكنها . ومعنى ذلك أنها تؤدي وظائفين متعارضتين إحداهما هي الكشف والهدم بواسطة نحت للصخور ونقل موادها والثانية هي البناء بواسطة ارساء المواد المنقولة في أماكن جديدة ، ولذلك فإن تسميتها بالتعرية فيه كثير من التجاوز ، ولهذا السبب فإن كثيرا من الكتاب الغربيين يستخدمون تعبير Denudation للدلالة على التعرية بمعناها الشامل الذي يتضمن الهدم والبناء معا بينما يستخدمون تعبير Erosion للدلالة على النحت والهدم . وأهم عوامل التعرية بمعناها الشامل هي الرياح والمياه الجارية ومياه البحار والجليد

أهمية الرياح كعامل من عوامل التعرية

الرياح هي أهم عامل مناخي يساهم بطرق مباشرة في تشكيل سطح الأرض ، ويكون تأثيره واضحا بصفة خاصة في الأقاليم الصحراوية وشبه الصحراوية لأن رياح هذه الأقاليم تكون قوية أغلب الأوقات ولأن سطح أرضها مكشوف ولا يحميه أي غطاء نباتي يستحق الذكر ، ولهذا فقد أصبحت

الرياح هي المسئولة عن تكوين كثير من الظواهر الطبوغرافية المنتشرة فيها . ولكن هذا لا يمنع من أن توجد في نفس هذه الأقاليم ظواهر أخرى يرجع تكوينها إلى فعل المياه الجارية ، كما سلبين عند الكلام على الدور الذي تقوم به هذه المياه في تشكيل سطح الأرض .

ويضمّن دور الرياح في تشكيل سطح الأرض (وخصوصاً المناطق الجافة) أربع عمليات محددة هي (١) النحت (أو البرد) Abrasion (٢) الصقل بطريقة الاحتكاك Attrition (٣) التذرية والنقل Deflation (٤) الإرساب Deposition وعلى الرغم من أن كل عملية من هذه العمليات تختلف في طبيعتها وفي وظيفتها من العمليات الأخرى فإنها جميعاً تؤدي أدوارها في وقت واحد . فعندما تقوم الرياح بنحت أو إزالة أجزاء من السطح فإنها تحمل معها المواد الناعمة التي تكونت بسبب النحت والتذرية ثم تقوم بتسريبها في أماكن جديدة . ومعنى ذلك أن الرياح تقوم بدورين متضادين أحدهما هو النحت والمدم والتأني هو الإرساب والبناء ، وعلى هذا الأساس فإن الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عنها تنقسم إلى مجموعتين ، إحداهما ناتجة عن عمليات النحت والتأني من عمليات الإرساب والبناء .

أولاً - النحت بواسطة الرياح :

تعتبر هذه العملية واحدة من عمليات المدم الرئيسية التي تقوم بها الرياح وتختلف تأثيرها من مكان إلى مكان آخر على حسب قوة الرياح ومقدار ما تحمله من أربة ورمل . لأن هذه المواد وخصوصاً إن كانت رمالاً خشنة ، هي الأدوات التي تساعد الرياح على برد الصخور . ويختلف تأثير هذه العملية في الصخور المتجانسة عنه في الصخور غير المتجانسة . فإذا كانت الصخور متجانسة في تركيبها ودرجة صلابتها فإن عملية النحت تؤدي إلى صقلها وقد تؤدي في بعض المناطق إلى صقل مساحات كبيرة من سطح الأرض ، أما إذا كانت

غير متجانسة فإن عملية النحت تؤدي إلى تآكل الأجزاء اللينة قبل الأجزاء الصلبة فتأخذ هذه الصخور أشكالاً متباينة على حسب تركيبها، وتكون عملية النحت قوية بصفة خاصة على ارتفاع قدم واحد تقريباً من سطح الأرض ، فعلى هذا المستوى تكون الرياح قوية ومحتفظة بمعظم حمولتها من الرمال وخصوصاً الرمال الخشنة ، وكلما زاد الارتفاع تناقصت الحمولة وتناقص حجم الرمال وتناقصت بالتالي مقدرة الرياح على النحت . أما تحت هذا المستوى فإن احتكاك الرياح بالأرض يقل من سرعتها ويقلل بالتالي من مقدرتها على البرد والنحت ، وذلك على الرغم من أن حمولتها من الرمال تكون أكبر منها في المستويات الأعلى .

وأم الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن عمليات النحت بواسطة الرياح هي :

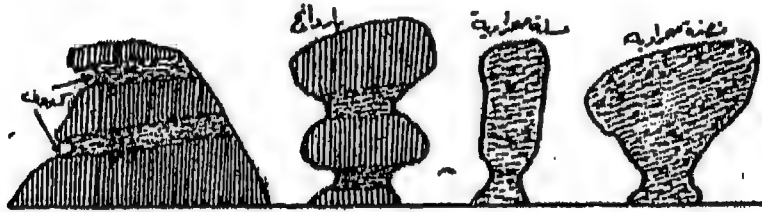
(١) السطوح المجدرة . وهي سطوح صخرية غير متجانسة في أجزائها السطحية ولذلك فإن الرياح تنحت بعض المواضع أسرع من نحتها لمواضع أخرى . والنتيجة هي أن السطح يبدو كثير التجاعيد والفجوات والثقوب ذات الأشكال المختلفة .

(٢) الحمادات : وهي هضاب صحراوية صخرية قليلة الارتفاع تغطي أحياناً مساحات تبلغ مئات الآلاف من الكيلومترات المربعة ، وأهم ما يميزها هو أن سطوحها صخرية لا تغطيها رواسب مفككة تستحق الذكر ، وذلك لأن الرياح تزيل باستمرار كل ما يتكون فوقها من رمال وأتربة ، ولهذا فإن الحمادات تعتبر من أفقر مناطق الصحراء .

(٣) المناضد والسلاسل الصحراوية : وهي كتل صخرية استطاعت الرياح أن تنحت أجزاءها القريبة من سطح الأرض أسرع من نحتها للأجزاء العليا ولذلك فإنها تبدو بشكل مناضد ، أو بشكل مسلات إن كانت قليلة السمك .

(٤) البارداتج Y rdang (أو الابراج الصعراوية) : وهي كتل صخرية مكونة من طبقات متباينة الصلابة ، ولذلك فقد استطاعت الرياح أن تنحت طبقاتها اللينة فقامت بشكل أحزمة بين الطبقات الصلبة . والفظ « بارداتج » مأخوذ من لغة سكان صومالي وسط آسيا حيث توجد هذه الظاهرة بكثرة .

(٥) الكهوف الجبلية : وهي كهوف تتكون في جوانب الجبال المكونة من طبقات صخرية متباينة الصلابة ، حيث تستطيع الرياح أن تنحت الطبقات اللينة أسرع من الطبقات الصلبة ، وتتكون الكهوف بصفة خاصة في الجانب المواجه لمبوب الرياح السائدة وتساعد عملية التجوية والتعرية المائية على توسيعها .



شكل (٧٨) بعض الأشكال التي تنتج عن النحت بواسطة الرياح

(٦) المنخفضات الصعراوية : وهي تشمل معظم المنخفضات (أو الأحواض) التي توجد فيها الواحات . ومن الثابت أن للرياح هي العامل الرئيس في تكوينها . وهي توجد غالباً على امتداد خطوط الضغط التي تفصل التكوينات صخرية متباينة الصلابة . ومن أشهرها المنخفضات التي توجد في ليبيا واحات شمال مصر وشمال ليبيا على طول خط عرض ٢٩° شمالاً . فقد تكونت هذه المنخفضات على طول المنطقة التي تلتقي عندها التكوينات الأوسينية في الجنوب بالتكوينات البروسينية في الشمال .

وبدأ تكون المنخفض بشكل حفرة صغيرة حيثما تتمكن التعرية ، أو أي عامل آخر ، من كسر الطبقة السطحية في أحد المواضع ، فإذا كانت هذه الطبقة

مرتكزة على طبقات أقل منها صلابة فإن الرياح تأكل في هذه الطبقات بفرقة وتترك مقدمات الطبقة السطحية الصلبة معلقة ، ولكنها لا تثبت أن تنهار .
 ويكرر هذه العملية بزيادة اتساع الحفرة ويزداد عمقها ويزداد نشاط الرياح في نقل الراسب السامع من قاعها فيساعد ذلك على سرعة تعميقها وتوسيعها .
 إلا أن هناك حدا أدنى للعمق الذي يمكن أن يصل إليه قاع المنخفض ، وهذا العمق هو ملمسوب سطح المياه الجوفية ، التي قد ينكشف سطحها فيظهر بشكل بحيرة في وسط المنخفض . وتوجد بحيرات من هذا النوع في كثير من منخفضات الصحراء الكبرى .

ولكن على الرغم من أن الرياح هي العامل الرئيسي في تكوين المنخفضات الصحراوية ، فإننا يجب ألا نهمل عامل التجوية وعامل المياه الجارية ، لأنهما يعتبران كذلك عاملين مساعدين في تكوين هذه المنخفضات .

ثانيا - الصقل بطريق الاحتكاك Attrition :

من الحقائق المعروفة أن حبات الرمال وحبات الحصى التي توجد بكثرة في الصحراء تكون غالبا معقولة ومساها والسبب الرئيسي في ذلك هو أن تصادم الرمال التي تحملها الرياح بعضها ببعض يؤدي إلى إزالة ما بها من أركان حادة فيصبح سطحها أماسا مصقولا ، كما أن اندفاع الرمال بين الحصى الذي يوجد على السطح يؤدي كذلك إلى صقل الحصى بإزالة ما به من حافات حادة ، ولهذا السبب فإن سطحه يكون هو الآخر أماسا ومعقولا . وتوجد في بعض الصحاري مثل الصحراء الكبرى مناطق واسعة يغطي سطحها بطبقة ممتدة من الحصى الأماس ، وأغلبه مستمد من تجوية الصخور النارية وتطلق على مثل هذه المناطق أسماء مختلفة ، فهي تشتهر في معظم البلاد العربية باسم مناطق «الرق» أي الحصى الصغير ، وتوجد في شرق ليبيا منطقة واسعة من هذا النوع مساحتها حوالي ١٥٠ ألف كيلومتر مربع ويطلق عليها اسم منطقة «المربر» . وكلمة مربر هي جمع كلمة «سريرة» ومعناها «حصوة» .

ثالثاً - التذرية والنفث : بواسطة الرياح Deflation :

المقصود بالتذرية هو رفع المواد المتكسكة بواسطة الهواء إلى أعلى تمهيداً لنقلها . ومن الواضح أن التذرية تزداد بالضرورة إلى نقل المواد من أماكنها إلى مسافات صغيرة ، ولذلك فإن التذرية والنقل يمكن اعتبارهما عموماً عملية واحدة ، وهذا هو ما يعنيه في الواقع لفظ Deflation .

وتتوقف الطريقة التي تنتقل بها المواد المتكسكة بواسطة الرياح على عاملين رئيسيين هما حجم الحبات وسرعة الرياح . وهناك ثلاثة طرق لهذا الانتقال هي :
١ - الزحف على السطح Surface Creep : وهذه الطريقة التي تنتقل بها الحبات الكبيرة ، التي لا تستطيع الرياح أن ترفعها ، ولذلك فإنها تدفعها أمامها على سطح الأرض ، وهذه هي الطريقة التي تنقل بها طادة الرمال الشائعة والحصى . وربما الرمال الناعمة إذا لم تكن الرياح قوية .

٢ - القفز Saltation : وهي الطريقة التي تنتقل بها الحبات التي تستطيع الرياح أن ترفعها ولكنها لا تستطيع أن تحملها إلى مسافات كبيرة فإنها تسقط بسبب ثقلها . وتتركب هذه الطريقة غالباً بوجود بعض التيارات الصاعدة في الهواء . وقد لوحظ أن ارتفاع الحبات يكون أسرع من هبوطها ، لأن الرياح تعمل على دفعها إلى الأمام أثناء الهبوط فيكون خط سيرها لهذا السبب أشبه بقوس شديد الانحدار في قسمه الأول ومباشرة في قسمه الثاني ، وقد تقوم الربة الواحدة بعد قفزات متتالية ، ويساعدها على ذلك اصطدامها بسطح الأرض عند سقوطها خصوصاً إذا اصطدمت بقبة صغيرة (حصيرة أو حجر صغير مثلاً) . وأقصى ارتفاع يمكن أن تقفز إليه الحبات بهذه الطريقة هو متران .

٣ - التعلق Suspension : ويقصد به تعاق المواد الناعمة في الهواء لمدة طويلة نسبياً ، وهذا هو ما يحدث عند انتقال الغبار والأمربة . والمعتمد هو ألا يزيد قطر الحبات التي تنقل بهذه الطريقة من ٠.٠٢٠ المليمتر .

وتستطيع الرياح أن تنقل الغبار إلى مسافات كبيرة ، وقد يبق بعضه عالقا بالجو لعدة أشهر . ومثال ذلك ما يحدث للغبار الذي تطلقه بعض البراكين فقد ذكر مثلا أن الغبار الذي انطلق من بركان كراكاتوا عند ثورانه قد ظل ممانا بالهواء حوالي سنة كاملة ، وأنه طاف حول الكرة الأرضية كلها . وبغض النظر عن مثل هذه الحالات الشاذة ، فقد استطاعت الرياح فعلا أن تنقل بهذه الطريقة كميات ضخمة من الأتربة لبعثة آلاف من الكيلو مترات ومن أوضح الأمثلة على ذلك الأتربة التي تكونت من تراب الويس Loess التي تغطي مناطق شاسعة في شمال الصين ، والتي يزيد سمكها على مائة متر . فقد تكونت هذه التربة من الأتربة التي نقلتها الرياح من غرب آسيا ووسطها وأرسلتها في شمال الصين . وقد تكون نفس هذا النوع من التربة بنفس الطريقة في مناطق أخرى من العالم مثل أواسط أمريكا الشمالية . ويعتبر «المبوب» الذي يظهر في أواسط السودان وشماله في فصل الربيع مثالا آخر بين مقدرة الرياح على حمل كميات كبيرة من الأتربة . وقد نقلت معظم الرمال التي تتكون منها الكثبان الرملية التي توجد بكثرة في الصحاري بهذه الطريقة .

الارساب الهوائية والظواهر التي تنتج عنه :

من الواضح أن عملية الارساب هي عملية تغطية وبناء ، ومع ذلك فإنها لا تعمل منفردة ، لأن دورها يرتبط ارتباطا وثيقا بالعملية الأخرى ، وخاصة عملية الذرية والنقل ، فكلما كثرت كمية الأتربة والرمال التي تذروها وتنفها الرياح كثرت كمية المواد التي ترسبها وعظم بالغالب دورها في البناء ، والمعتمد هو أن ترسب الرياح حولتها بالتدريج بحيث ترسب أولا الرمال الخشنة ثم الرمال الناعمة ثم الأتربة ، بينما قد يستمر الغبار الدقيق معلقا لمدة طويلة ، كما سبق أن أوضحنا .

ويعمل دور الرياح في البناء بأشكال متباينة أهمها :

١ - تكون بعض أنواع التربة الحبيبية الناعمة ، مثل تربة اللوس ، كما سبق أن بينا .

٢ - تكون الكثبان الشاطئية التي تمتد على طول كثير من سواحل البحار ، وهي مكونة من رمال جيرية بيضاء تكونت نتيجة لترسيب طبقات من الحجر حول حبيبات دقيقة من الرمال القارية التي نقلتها الرياح من اليابس . ولعلب الرياح الدور الرئيسي في توزيعها وتجميعها بشكل كثبان .

٣ - تكون الكثبان الصحراوية رغم أنها من أشكال التراكبات الرملية التي تظهر مناطق واسعة في مختلف الصحاري ، وهذه التراكبات هي في الواقع أهم المظاهر الجيومورفولوجية التي توضح الدور الكبير التي تقوم به الرياح في تشكيل سطح الأرض ، ولذلك فإننا سنأتي عليها نظرة أكثر تفصيلا فيما يلي :

التراكبات الرملية الصحراوية :

إن أهم مظاهر هذه التراكبات هي الكثبان الرملية Sand Dunes بمختلف أشكالها وأحجامها : (١) الكثبان الهلالية Crescentic Dunes وهي التي تشتهر كذلك باسم البرخان Barchans . وهي أشهر التراكبات الرملية وأوسعها انتشاراً ، وهي التي تقصدها غالباً عند الكلام على «الكثبان» . (٢) الكثبان الطولية ، أو السيوف Soifs (٣) ظهور الحيتان Whalebacks . (٤) الظلال الرملية Sand Shadows (أو Sand Drifts) (٥) بحار الرمال Sand Seas .

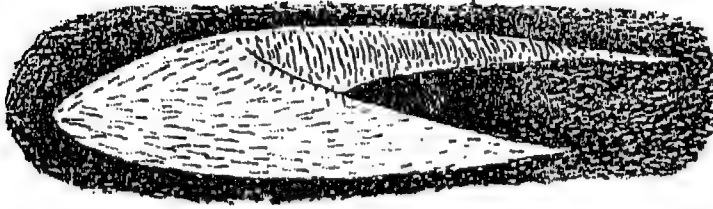
١ - الكثبان الهلالية :

إن كلمة كتيب بمعناها الجيومورفولوجي تعني أي تل رملي له قمة محدبة ووجه شديد الانحدار تنزل على الرمال ويعرف باسم « وجه الانزلاق

Slip Face ، وينطبق هذا بصفة خاصة على الكثبان الهلالية . وإن اللفظ الذى يطلق حاليا على الكثبان الهلالية فى معظم الكتابات الجيومورفولوجية هو البرخان Barkhan ، وهو مأخوذ من لغة سكان صحارى التركستان التى يكثر فيها وجود هذا النوع من الكثبان .

ويوجد البرخان إذا بدأت الرياح السائدة تآكل جملتها من الرمال فى أى موضع من الموضع لأي سبب من الأسباب . ولا يشترط لذلك وجود أى عقبة بل يكفى أن تحدث فترة هدوء قصيرة فى حركة الرياح وأن تمر هذه الرياح على بقعة تغطى سطحها بكتلة من الحصى ، فى مثل هاتين الحالتين يبدأ تراكم الرمال فتتكون منها فى أول الأمر كومة صغيرة ولكنها لا تلبث أن تنمو وتتكون لها بالتدريج قمة محددة تنحدر منها الرمال فوق وجه الانزلاق Slip Face إلى الجانب الذى تنصرف إليه الرياح Leeward Side . ويكون انحدار الكثيب شديدا فى هذا الجانب ، بينما يكون بطيئا نسبيا فى الجانب الآخر المواجه لها Windward Side ، وعلى هذا الجانب تزحف الرمال إلى أعلى نحو القمة . ونتيجة ازحف الرمال على هذا الجانب وهبوطها على وجه الانزلاق يبدأ التآكل فى الترحوح مع الرياح ، كما يأخذ شكل الهلال الذى يواجهه الرياح يظهره ويمد طرفيه (أوجناحيه) نحو الجهة المقابلة، ومعنى ذلك أن الامتداد العام للكثيب يكون متعامدا على اتجاه الرياح (شكل ٨٠) . والسبب فى تحول التل إلى هذا الشكل الهلالي هو أن مقاومة كتلته الرئيسية فى الوسط تكون أكبر من مقاومة طرفيه . ولذلك فإن الرياح تدفع هذين الطرفين أمامها أسرع مما تدفع الكتلة الوسطى . وبهذا الشكل يأخذ الطرفان بالتدريج اتجاها متفقا مع اتجاه الرياح وتزداد نتيجة لذلك مقاومتها حتى تتساوى مع مقاومة القسم الأوسط ، وعندئذ يكون الكثيب قد وصل إلى آخر مراحل تطوره وأخذ شكله النهائى . ويوصف فى هذه الحالة بأنه

كثيب مكمل . ولكن ليس معنى ذلك أنه يوقف عن التزحزح أمام الرياح . وكل ما هنالك هو أنه يترشح وهو يحتفظ بشكله النهائي بشرط أن يظل اتجاه الرياح السائدة كما هو ، أما إذا تغير هذا الاتجاه كما في الحال في الأقاليم الموسمية ، فإن الكثبان تغير اتجاهها بحيث يكون ظهورها دائماً مواجهاً للرياح .



شكل (٧٩) كثيب هلاله مكمل



شكل (٨٠) عملية تزحزح الكثيب الهلالي

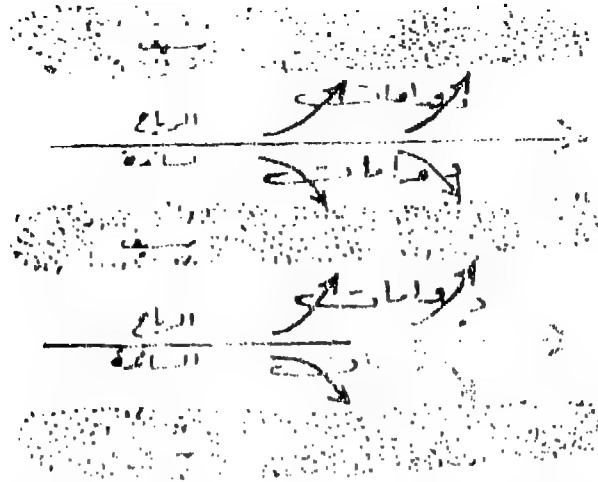
وتتميز الكثبان الهلالية بأنها تهجر من أماكنها ببطء شديد تبع اتجاه الرياح . وتراوح سرعة تحركها بين ٨ و ١٠ أمتار في السنة . وليس هناك حجم معين للكثبان حيث أنها تتباين من مكان إلى آخر حسب توفر الظروف الملائمة لنموها ، وأهمها نبات اتجاه الرياح وتوفر الرمال المفككة ، فحينما تتوفر هذه الظروف فإن الكثيب المكمل قد يبلغ ارتفاعه حوالي ٢٥ متراً وطوله حوالي ٤٠٠ متر وعرضه حوالي مائة متر ، وتوجد مثل هذه الكثبان بكثرة في بعض أجزاء الصحراء الكبرى بسبب انتظام الرياح التجارية الشمالية الشرقية طول السنة وكثرة الرمال المفككة . والغالب هو أن توجد

هذه الكتبان بمجموعات كبيرة وتكون ، كثير من الأحيان مرتبة في صفوف معوازية .

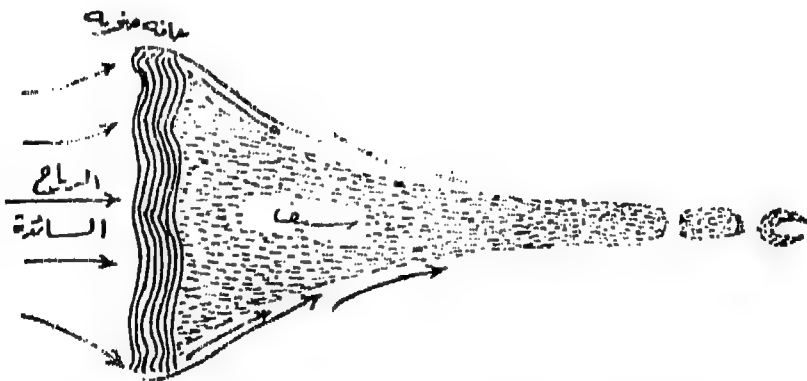
الكتبان الطولية (السيوف) :

أهم ما يميز هذه الكتبان الهلالية أن امتدادها يتفق مع اتجاه الرياح السائدة ، وأنها أقل منها نحرًا ، وأنها أطول منها بكثير ، فقد يصل طول الواحد منها إلى بضعة كيلو مترات ، ولكنها مع ذلك تشبهها في أن لها قمة واضحة ووجه انزلاق Slip Face واضح كذلك . وفيه يكون الانحدار أشد بكثير منه على الجانب الآخر الذي يبدو عادة مقوساً إلى أعلى بحيث تبدو القمة قريبة من الاسعدارة ، وكثيراً ما تظهر على امتداد قمة الكتيب سلسلة من القمم التي تفصل بين بعضها وبعض أجزاء أقل منها ارتفاعاً من نوع «السروج Saddles» .

وتتكون الكتبان الطولية غالباً في المناطق التي تعوق رياحها السائدة من وقت إلى آخر وتهب منها رياح أو دوامات اعتراضية من الجانبين ، ففي هذه المناطق تعمل الرياح السائدة على تكوين صفوف من الكتبان الهلالية ولكن الرياح الجانبية تعمل على دفع رمال الأجنحة نحو الداخل وقد تضيف إليها رمالاً أخرى من الجانبين ، ويترتب على ذلك امتلاء المناطق التي تفصل كتبان كل صف عن بعضها فتتحول هذه الصفوف إلى كتبان طولية ، إلا أن قمم الكتبان الأصلية تظل بارزة على سطحها . أما الممرات التي تفصل الصفوف بعضها عن بعض فقد تزيل الرياح السائدة والرياح الجانبية ما يتراكم فوقها من رمال مفككة فتبدو صخرية جرداء . ولكن قد يحدث في بعض المناطق التي تكثر فيها الرمال المفككة أن تتمكن الرياح السائدة من تكوين بعض الكتبان الهلالية الصغيرة على طول الممرات .



شكل (٨١) تكون السيوف نتيجة لوجود رياح جانبية أو دوامات اتجاهاتها متعامدة على اتجاه الرياح السائدة .



شكل (٨٢) كثيب طوليه (سيوف) تكون بسبب وجود حافة صخرية .

وبالإضافة إلى أن تكون الكثبان الطولية بهذه الطريقة فإنها يمكن أن تكون كذلك إذا صادفت الرياح المحملة بالرمال عقبة طبيعية أو صناعية تعترض طريقها بشكل حائط ، ففي هذه الحالة تأتي الرياح بمعظم جوارتها من الرمال على الجانب المحمي للعقبة ويتكون منها تل يأخذ في الاستطالة إلى الأمام ،

وتساعد الرياح الجانبية التي تلتف حول طرف العقبة على زيادة استطالته لأنها تكس الرمال نحوه من الجانبين وتحول في نفس الوقت دون تشتيت رماله .
وتوجد أمثلة كثيرة للكثبان الطولية في صحراء مصر الغربية إلى الجنوب من منخفض الفطارة وفي بحر الرمال العظيم الذي يوجد على طول قسم من الحدود المصرية الليبية .

ظهور الحيتان Whalebucka :

وهي عبارة عن تلال رملية طولية سطحها محدب أو مسعر ، وقد سميت بهذا الاسم لأنها تشبه ظهور الحيتان الغضبية ، وهي تشبه الكثبان الطولية في أنها تمتد في نفس اتجاه هبوب الرياح السائدة ، ولكنها تختلف عنها في عدم وجود المظهران الرئيسيين للكثبان وهما القمة المحددة ووجه الانزلاق ، كما أنها أكبر منها حجماً ، فقد يبلغ طول «ظهور الحوت» حوالي ١٥٠ كيلو متراً ، ويبلغ عرضه حوالي ثلاثة كيلو مترات وارتفاعه حوالي خمسين متراً . وهي ثابتة في أماكنها بخلاف الكثبان .

وتوجد أمثلة على هذا النوع من التراكبات الرملية في صحراء مصر الغربية ضمن بحر الرمال العظيم الممتد على طول الحدود المصرية الليبية ، وهي ربما تكون متخلفة عن سلسلة ، أو عدة سلاسل ، من الكثبان المسلالية التي هاجرت في اتجاه الرياح .

بحور الرمال Sand Seas :

يطلق هذا التعبير على مناطق صحراوية شاسعة تغطيها تراكبات رملية مختلفة الأشكال ، فقد تمثل فيها جميع الأشكال التي ذكرناها ، كما توجد فيها مناطق مستوية تكسوها قطاعات رملية شميكة . ومن أشهر بحار الرمال وأعظمها انشعاً في العالم « بحر الرمال العظيم » الذي يمتد على طول الحدود

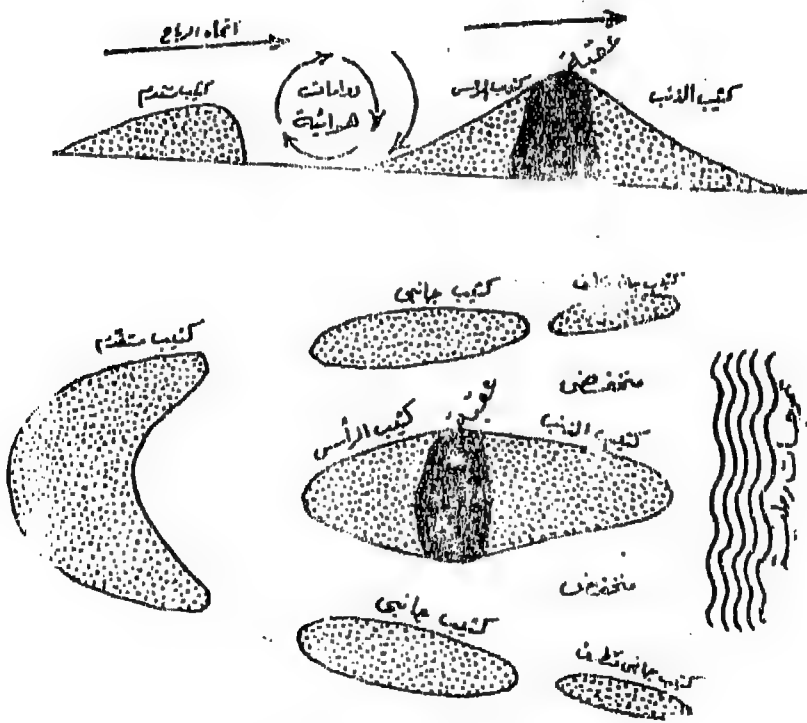
المصرية اللبنيّة، وهو يغطي منطقة تزيد مساحتها على سبعة آلاف كيلومتر مربع . ويطلق عليه في كثير من الأحيان اسم « العرق الكبير » ، وللواقع أن المناطق الرملية الصحراوية عموماً تشتهر في البلاد العربية بأسماء محلية مختلفة من بينها « العرق » و « الرملة » و « الأرمال » :

الظلال الرملية Sand Shadows :

يطلق هذا التعبير على بعض التراكبات الرملية الصغيرة التي تتكون بنظام معين حول عقبة من العقبات ، ويعتبر وجود هذه العقبة شرطاً مهماً لتكوينها ، ولكن لا يشترط أن تكون هذه العقبة كبيرة الحجم بل يكفي أن تكون صخرة صغيرة أو نبات عشبي أو مجرد حيوان ميت . إذ أن وجود مثل هذه العقبة في طريق الرياح يؤدي إلى خلق منطقتين في ظلالها هما ساكن Dead Air Space وتكون إحدى المنطقتين في الاتجاه الذي تأتي منه الرياح والثانية في الاتجاه الذي تنصرف إليه . وفي هاتين المنطقتين يبدأ تراكم الرمال ويتكون منها كثيبان أحدهما في مواجهة الريح ويعرف باسم « كثيب الرأس Head dune » والثاني في الاتجاه المعاكس ويعرف باسم « كثيب الذنب Tail dune » وكما هي الحال في الكثبان الطولية فإن كثيب الذنب يأخذ في الاستطالة على حسب ما يسمح به حجم العقبة وكمية الرمال المتراكمة ، ولذلك فإن طوله قد يصل أحياناً إلى أكثر من ٧٠٠ متر بينما لا يزيد في أحيان أخرى عن أربعة أمتار .

وفي الجهة المواجهة للرياح يتكون كثيب آخر يعرف باسم الكثيب المتقدم Advanced dune . وهو يتكون في منطقة السكون التي تتكون في النقطة التي تبدأ عندها الرياح رحلته صعوداً لاجتياز العقبة . ويفصل هذا الكثيب عن كثيب الرأس منطقة تلتصق فيها الدرامات الهوائية ويخلو سطحها لهذا السبب من الرمال . وفي مرحلة تالية تتكون على جانبي العقبة كثبان

أخرى جانبية Lateral dunes . وذلك لأن بعض الرياح تتوزع على جانبي كتلة الرمال التي تتجهت حول العقبة فتتجهل معها بعض الرمال التي تتكون منها كثبان جانبية ممتدة في نفس اتجاه الرياح . وأخيرا تظهر على سطح الرمال على مسافة متقدمة في الاتجاه الذي تنصرف إليه الرياح تجمعات طولية صغيرة Ripples تبدو بشكل التموجات التي تظهر على سطح الماء الساكن عند هبوب رياح خفيفة (راجع شكل ٩٠) .



شكل (٩٠) الظلال الرملية

الشكل العلوي - قطاع جانبي في منطقة الظلال الرملية

الشكل السفلي - مسند رأسي في نفس المنطقة

الفصل الخامس عشر

المياه الجارية ودورها في تشكيل سطح الارض

تمهيد :

إن الدور الذي تقوم به المياه الجارية في تشكيل سطح الأرض يفوق الدور الذي تقوم به أى عامل آخر من عوامل التعرية ، بما في ذلك للرياح ، لأن المياه الجارية يظهر أثرها في كل الأماكن تقريبا ، بما في ذلك الأقاليم الجافة ، ولأنها كذلك ذات قدرة كبيرة على قسح ونقل . ويبدو هذا واضحا من كثرة الوديان التي حفرتها ووضخامة أحجام الكثير منها ، ومن اتساع السهول الفيضية التي كونتها وغير ذلك من المظاهر الكثيرة للتعرية المائية ، ونظرا لأن الأمطار هي مصدر كل المياه الجارية فمن الطبيعي أن يكون دور هذه المياه في تشكيل السطح في الأقاليم المطيرة أكبر منه في غيرها . وأكبر مظهر من مظاهر جريان المياه السطحية هو الانهار ، ولذلك فإنها تعتبر من أهم الموضوعات التي يوجه إليها الاهتمام في دراسة الجغرافيا الطبيعية لسطح الأرض .

بعض المصطلحات العامة التي تستخدم في دراسة الانهار :

من أهم هذه المصطلحات وأكثرها استخداما ما يأتي : (١) وادي النهر River Valloy ، وهو الأرض المنخفضة التي تمتد على طول مجراه ، والتي تكونت بمرور الزمن نتيجة لعمليات الذبح والارساب التي قام بها النهر أثناء مراحل تطوره . ومن الواضح أن مجرى النهر River Course يمثل أعنى أجزاء الوادي ، وأنه هو الطريق الذي تسلكه مياه النهر في جريانها .

(٢) حوض النهر River Basin ، وهو الذي يعرف كذلك بعوض (أو منطقة) تصريف النهر (or basin) Catchment area أو Drainage area (or basin) ويقصد بها كل الأراضي التي يتعدى سطحها نحو النهر أو نحو أى

رافد من روافده ، حتى ولو لم تتوفر المياه التي تنحدر فوق سطحها بالفعل ، وكل ما هنالك هو أنه لو فرض وسقطت الأمطار فإن مياهها تنحدر في اتجاه النهر بطريق مباشر أو عن طريق روافده (٣) النظام النهري River System ويقصد به الشبكة المكونة من النهر وجميع روافده (٤) شكل النظام النهري (أو التصريف النهري) Drainage Pattern ، ويقصد به الشكل الذي يكون من اتصال روافد النهر بعضها ببعض وبالنهر الرئيس (٥) . منطقة تقسيم المياه Watershed أو Water Divide ، وهي المنطقة المرتفعة التي تفصل حوض النهر عن أى حوض آخر مجاور له ، فعندما تسقط الأمطار على هذه المنطقة فإنها توزع نحو هذين الحوضين على حسب انحدارات سطح الأرض ، ومن الممكن أن توضع الحدود الفاصلة بين الأحواض المتجاورة بواسطة خطوط ترسم على الخريطة وتمر بأعلى أجزاء المنطقة بحيث تفصل رؤوس الروافد العليا لكل نهر من الأنهار من رؤوس الروافد العليا للأنهار الأخرى التي تتبع من نفس المنطقة (٥) أراضي ما بين الأنهار Interfluves ، وهي الأراضي التي تفصل وديان الأنهار المتجاورة بعضها عن بعض (٧) . حجم النهر River's Volume ، ويقصد به كمية المياه التي يحملها النهر في وقت معين . ويستدل عليها بقياس ما يعرف باسم ، تصريف النهر River's Discharge ، وهو كمية المياه التي تمر بأى قطاع من قطاعات مجراه ، وهي تحسب بالأمطار الكعبة أو الأقدام المكعبة في الثانية . (٨) حمولة النهر River's Load ، وهي كمية الرواسب التي يحملها النهر في وقت معين ، وهناك فرق بينها وبين قدرة النهر على الحمل River's Load Carrying Ability ، وهي التي تعرف كذلك باسم الطاقة الحملية للنهر River's Capacity . . وتختلف هذه الطاقة على حجم النهر أكثر من توقيتها على سرعته ، فالنهر الصغير البطيء يستطيع أن يحمل الرواسب أكثر مما يستطيع أن يحمله نهر ضخم سريع

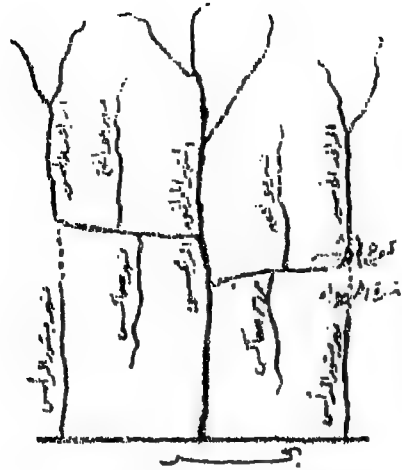
الجريان في وقت واحد، إلا أن الحبات التي يستطيع النهر البطيء أن يحملها لابد أن تكون أقل وزناً من الحبات التي يستطيع النهر السريع أن يحملها، والتعبير الذي يطلق على هذه القدرة هو «كفاءة النهر» *River's Competence*، وهي بعبارة أخرى الحد الأقصى لوزن الحبة الرسوبية التي يستطيع النهر أن يحملها، وقد قدر الباحث هوكنز في سنة ١٨٩٠ أنه إذا زادت سرعة النهر إلى الضعف فإن كفاءته تضاعف ست مرات، فإذا اعتبرنا أن سرعة النهر هي ١ ثم زادت إلى ٢ فإن كفاءته تصبح ٦٢ (أي ٦٤) . ومن الواضح أن كلا من كفاءة النهر وطاقته الحولية ليسا ثابتين بل إنهما يتغيران مع وقت إلى آخر على حسب نظام جريان النهر، ومن موضع إلى آخر على طول مجراه على حسب درجات الانحدار، (٨) سرعة النهر *River's Velocity*، وهي المسافة التي يقطعها أي مقدار من مائة في الساعة .

النظم النهرية

RIVER SYSTEMS

نشأتها :

يبدأ تكون أي نظام نهري عندما تسقط الأمطار على أية منطقة جديدة من الأرض ولتكن منطقة ظهرت حديثاً من تحت ماء البحر بسبب ارتفاع الأرض أو هبوط منسوب سطح البحر، فبمجرد سقوط الأمطار على هذه المنطقة فإن مياهها تجري على حسب ما تفرضه انحدارات سطح الأرض ويخرج عن ذلك تكون مسارب وبرك صغيرة . وإذا استمر سقوط الأمطار فإن المسارب تلتقي ببعضها وبالبرك الصغيرة، ويتزايد عمق بعض المسارب على حساب بعضها الآخر، كما تأخذ البرك في الاستطالة بسبب نحت المياه لأطرافها العليا وأطرافها السفلى، وبسبب اختراق بعد المسارب الكبيرة لها . وبمرور الزمن تستولى المسارب القوية على مياه المسارب الضعيفة فتتزايد أحجامها، ويتكون منها عدد أقل من الأنهار لا نلبث أن نلتقي ببعضها، ويتكون منها نهر واحد



شكل (٩١) الأسر النهرى

كبير يسير نحو المصب ، ويكون هذا النهر هو النهر الرئيسى بينما تكون الأنهار التي تغذيها روافده .

الأسر النهرى River Capture :

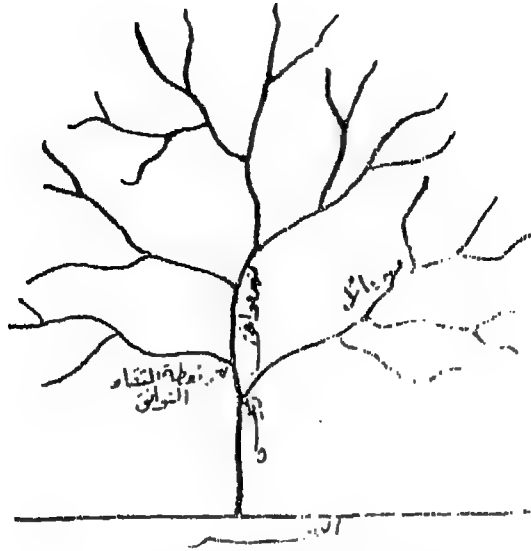
المقصود بالأسر النهرى هو استيلاء أحد الأنهار القوية على رافد أو أكثر من روافد أحد جيرانه الأضعف منه ، وهي ظاهرة مهمة في تطور النظم النهرية ، فإذا كان هناك نظامان نهريان مجاوران وكان النهر الرئيسى لأحدهما أقوى وأشط في حفر مجراه وتعميقه من النهر الرئيسى للآخر فإن روافد النهر القوي تكون هي الأخرى أنشط في حفر مجاريها وتعميقها من روافد النهر الآخر ، ويؤدي نشاط الحفر المساعد الذي تقوم به هذه الروافد عند رؤوس مجاريها إلى توغل هذه الرؤوس بالدرجة في المنطقة الفاصلة بين النظامين . فإذا استطاع أحد الروافد الذشطة للنهر القوي أن يتوغل برأس

مجرى هذه المنطقة حتى يلتقى بمجرى أحد روافد النهر الضعيف فإنه يستولى على قسمه الواقع في أعلى نقطة الالتقاء ، ويؤدي ذلك إلى زيادة طول الرافد النشط وزيادة مياهه على حساب الرافد الضعيف الذي يمتلئ عنه قسمه الأعلى ، والذي يطلق عليه تعبير « النهر المبتور الرأس » Beheaded River .

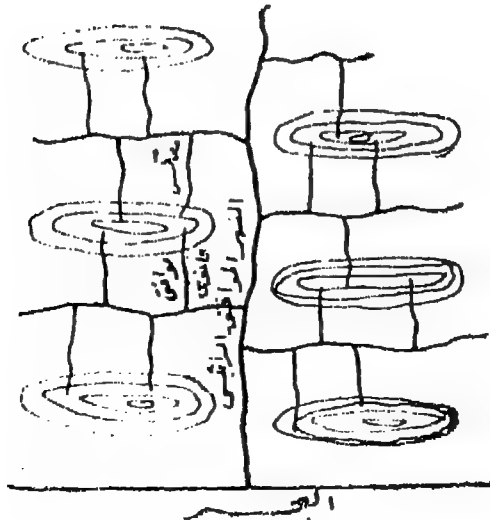
ويمكن الاستدلال على حدوث عملية الأسر النهرى بظواهر كثيرة من أهمها : (١) صغر حجم النهر المبتور الرأس بالنسبة لامتداد راديه الأصلي بسبب فلتانه لبعض مياهه العليا ، ويطلق على هذه الظاهرة تعبير « عدم التلازم » Misfit ، (٢) وجود انحناء واضح في مجرى النهر الأسر في الموضع الذي حدثت عنده عملية الأسر ، ويطلق على هذا الانحناء تعبير « كسوع الأسر » Elbow of Capture ، (٣) جذاف القسم الأعلى من وادي نهر المبتور الرأس أسفل كوع الأسر مباشرة . ويطلق على هذا القسم تعبير « فجوة الهواء » Wind Gap راجع شكل ٩١ .

أهم اشكال النظم النهرية :

يتوقف الشكل العام الذي ينتج عن اتصال روافد النهر الواحد بعضها ببعض وبالنهر الرئيسى على عوامل كثيرة أهمها مظاهر السطح في المنطقة التي يوجد بها حوضه وتركيبها الجيولوجى وما يوجد بها من انكسارات أو مناطق ضعف مثل وجود طبقات صخرية ليننة متتابعة مع طبقات أشد منها صلابة . ومن الواضح أننا لا يمكن أن نجد نظامين نهريين متشابهين تمام التشابه من حيث شكلهما العام ، ومع ذلك فقد قسم الباحثون الاشكال العامة التي يمكن أن تأخذها النظم المختلفة إلى عدة أنواع رئيسية أهمها :



شكل (٩٢) النظام التدويرى الشجرى



شكل (٩٣) شكل المستقيمت المتعامدة للنظام التدويرى

١ - الشكل الشجري Dendritic Pattern (١) : وهو يتكون من

المنحدرات التي تكون منحورها متجانسة في درجة صلابتها ، ولذلك فإن انحدار سطح الأرض يكون هو العامل الرئيسي الذي يتحكم في توجيه المجارى الرئيسية التي تأخذ في جريانها الانحدار العام للسطح ، ولذلك فإنها تسمى بالأنهار الموافقة و (أو التابعة للانحدار) Consequent Streams ، أما روافدها فإنها تنحدر نحوها بحيل بحيث تلتقي بها بزوايا حادة ، ويطلق على هذه الروافد تعبير الأنهار المائلة (أو غير التابعة) Insequent ، ويطلق على النقطة التي يلتقي عندها الرافد المائل بالمجرى الرئيسي المرافق اسم « نقطة التقاء التوافق Accordant Junction » . و بنفس الطريقة نشهد أن الروافد الصغيرة بالروافد الأكبر منها ، ويمكننا بأخذ النظام كله شكل شجرة خضيمة .

ب - شكل المستديرات المتعاقبة Trilined Pattern : وأم ما يميز هذا

الشكل هو أن الروافد تلتقي ببعضها بالنهر الرئيسي بزوايا قائمة ، ويحدث هذا إذا كان مجرى النهر الرئيسي (وهو نهر عواقق) يقطع عند المنحدره طبقات صخرية متباينة الميلابة ، ففي هذه الحالة يتحكم التركيب الجيولوجي في اتجاه روافد هذا النهر بحيث تضطر لأن تسير على طول مضارب الطبقات اللينة حتى تلتقي بالنهر الرئيسي بزوايا قائمة تقريبا . ويطلق على هذه الروافد تعبير الأنهار (أو المجارى) التالية Subsequent Streams : ، وتتمدد بمحاذاتها تقريبا الاجزاء المرتفعة من الطبقات الصلبة بشكل حافات طولية . وتقطع هذه الحافات مجارى مائية ينحدر بعضها مع الانحدار العام للأرض ، ويطلق عليها اسم « الأنهار الموافقة الثانوية Secondary Consequent Streams » وينحدر بعضها الآخر في الاتجاه العاكس ويطلق عليها اسم « الأنهار المعاكسة Odsequent Streams » والتعريف الدقيق لها في الوقت الحاضر هو الأنهار التي تجري في اتجاه ميل الطبقات .

(١) كلمة Dendritic مأخوذة من كلمة Dendron اليونانية القديمة ومعناها شجرة .

عمليات التعرية التي تقوم بها المياه الجارية

بعض الدور الذي تقوم به المياه الجارية في تشكيل سطح الأرض
نفس العمليات التي تقوم بها الرياح وهي التآكل والنقل والإرساب ، ولكن
نظراً لاختلاف طبيعة المياه المتحركة عن طبيعة الرياح فإن المظاهر التي تنتج
عنها تكثر في مجموعة من بعض أوجوه عن المظاهر التي تنتج عن العمليات التي
تقوم بها الرياح .

التآكل بواسطة المياه الجارية :

من الواضح أنه قدرة المياه الجارية على التآكل تفوق كثيراً قدرة الرياح ،
ولذلك فقد استطاعت أن تنفر ودياناً لا حصر لها في سطح الأرض ، ومن
بينها وديان كثيرة عظيمة الضخامة . ولا يقتصر وجود هذه الوديان على
الأقاليم الممطرة بل إن سطح المناطق الصحراوية تقطعه كذلك شبكات من
الوديان التي حفرتها المياه في عصور قديمة ثم جفت في عصور أحدث نسبياً ،
ولكن وديانها ظلت محفورة في السطح ، وكثير منها يبلغ من الضخامة مبلغ
وديان الأنهار الكبرى الحالية ، وسنعود للكلام في موضع آخر على دور المياه
الجارية في تشكيل سطح الأقاليم الصحراوية .

ويؤدي النهر عند قيامه بعمليات التآكل وظلته بين أساسيتين هما :

(١) تعميق مجراه بواسطة التآكل الرأسي (Vertical Erosion ، ٢) توسيع
المجرى بواسطة التآكل الجانبي (Lateral Erosion) . ويتوقف نشاط هاتين
العملياتين على عوامل متعددة بعضها متعلق بالتركيب الصخري للمنطقة التي
يمر فيها وانحدارات سطحها وبعضها الآخر متعلق بطبيعة النهر نفسه من
حيث Volume معين من المواد الرسوبية ، ونوع المواد التي تتكون

منها هذه الجمرات ، وسرعة جريانه . والمعناد هو أن يكون النحت الرأسى قويا في الأجزاء التي يشتد فيها انحدار الارض وتعمق فيها سرعة جريان النهر ، كما هي الحال في أجزائه العليا ، بينما يمكن النحت الجانبي قويا في الأجزاء التي يميل فيها الانحدار وتعتدل فيها سرعة النهر أو تبطئ ، كما هي الحال في الأجزاء الوسطى والأجزاء الدنيا .

ويحدث النحت النهري بواسطة عدة عمليات معقدة تعمل كلها معبثة بحيث يصعب فصل الدور الذي تقوم به أي عملية منها عن الأدوار التي تقوم بها العمليات الاخرى ، وأهم هذه العمليات هي :

(١) العمليات التي تنتج عن قوة المياه المتحركة Hydraulic Force وأهمها تمزيك المواد المفتتة ، وإضعاف الصخور وتفكيكها نتيجة لقوى اندفاعها في الشقوق وخروجها منها . والواقع أن المياه المتحركة ، وخاصة إذا كانت مالحة ، لها قدرة كبيرة على نحت الصخور وتحطيمها ، ولذلك فإنها تعتبر العامل الرئيسى في تآكل الأجزاء السفلى من ضفاف الأنهار ، وخاصة في الجوانب المقابلة للتعديلات النهرية .

(٢) عمليات البرد Corrasion . وهي عمليات تقوم بها المياه المتحركة بمساعدة حملها من الرواسب الصلبة ، وهي تؤدي إلى برد وتفتت الصخور قاع الجرى وجوانبه ، ويكون تأثيرها قويا إذا كانت الجمرات مكونة من مواد صخرية خشنة ، وكانت المياه مضطربة وكثيرة الدوامات ، حيث أن الحركة الحلزونية للدوامات تؤدي إلى سحب المواد الصخرية بقوة في حركة دائرية إلى أسفل حتى ترتطم بالقاع فتؤدي إلى حفر فجوات صغيرة يزداد اتساعها بالتدريج . ويطلق على الحفر التي تتكون بهذه الطريقة اسم « الحفر الوعالية Pot-holes » .

(٢) « عمليات سحق مراد الحمولة بسبب احتكاك بعضها ببعض Attrition »
ونتيجة لهذه العمليات فإن الحبات الصخرية التي تتكون منها الحمولة تصبح
مساها وتتناقص أحجامها ، وكلما نقصت أحجامها نقصت بالتالي أوزانها
وأصبحت مهمة نظام أسهل .

مستوى لقاعدة النهر : River'n Basin-level

وهو أدنى مستوى يستطیع النهر أن يصل إليه عند مجرى مجراه . ويحتمل
منسوب سطح البحر المتوى العام لقاعدة كل الأنهار التي تنصرف إليه المحيط
أو إلى أي بحر متصل به ، أما الأنهار التي تنصرف صرفا داخليا فإن مستوى
قاعدة كل منها يتحدد على أساس منسوب سطح المنطقة التي يصب فيها ، سواء
أكانت بحيرة أو بحر داخل أو مجرد منخفض أرضي .

النقل بواسطة المياه الجارية :

إن الطرق التي تنقل بها المياه الجارية حمولتها من الرواسب تشبه من نواح
كثيرة الطرق التي تنقل بها الرياح حمولتها ، ولكن المياه الجارية تتميز بأنها
أقدر على حمل الكميات الصخرية الكبيرة نسبيا ، بل وقد تستطيع أن تدفع
أمامها كتلا صخرية كبيرة عندما تهبط على جوانب المرتفعات ، كما أن المياه
تذيب كثيرا من الأملاح وبعض الصخور ، وتقلها وهي مذابة فيها ، وهذه
ميزة أخرى يتميز بها النقل المائي عن النقل الهوائي .

والطرق التي تنقل بها المياه الجارية حمولتها هي :

(١) التعليق Suspension : وهذه هي الطريقة الرئيسية لنقل الرواسب
الدقيقة مثل الرواسب الصلصالية والطينية والرمال الناعمة . والمعروف أن
الأنهار يمكنها أن تنقل كثيرا من الرواسب الصلصالية والطينية الدقيقة
لمسافات طويلة حتى تاتي بها في البحر الذي تنتهي إليه . فنهر النيل مثلا كان
(قبا بناء المدن العالية) ياتي في البحر المتوسط كميات ضخمة من الرواسب

المعاملية والطريقة التي يحملها من هضبة الجبشة إلى المساء تزد على ٢٠٠٠
كيلومتر وقد حدثت كمية الرواسب التي كانت تمر مع مياه النيل عند وادي
حنينا قبل إنشاء السد العالي في حين أنها تبلغ حوالي ١٠٠ مليون طن في السنة .
وقد كانت مكملة من ٣٠ مليون طناً من الرمال المتدفقة و ٣٠ مليون طناً
من الرواسب المعاملية و ٢٠ مليون طناً من الرواسب المعاملية الطبيعية .

(٢) التآكل : Sedation : وهي الطريقة التي تنقل بها الرواسب الجبشة
التي لا تستطيع ، بسبب ثقلها ، أن تبقى معلقة بالماء لمسافات طويلة ، ولذلك
فلها تنقل في قعرات متناحية ، حيث يؤدي اصطدامها بالقاع إلى ارتفاعها
ثم يؤدي ثقلها إلى جبرطها وهكذا بالتوالي .

(٣) الجبر : Fraction : وهو الطريقة التي تنقل بها الرواسب التي لا تستطيع
المياه أن تحملها ولكنها تستطيع أن تجرها معها فوق القاع ، مثل الحصى والرمل
الجبشة ، ويطلق على هذا الجزء من حمولة النهر اسم « حمولة القاع » Bed-load .

(٤) الذوبان : Solution : وهو الطريقة التي تنقل بها المواد القابلة للذوبان
وتظهر أهميتها في مناطق الصخور الجيرية والمناطق التي تحتوي صخورها على
أملاح قابلة للذوبان .

الرواسب بواسطة المياه الجارية :

تسمى الرواسب التي تسمى بها المياه الجارية فوق سطح الأرض باسم
الرواسب الفيضية Alluvial Deposits ، وهي تقابل فيما بينها بياضاً كبيراً على
حسب حجم حباتها ونوع الصخور التي استمدت منها ، وقد سبق أن ذكرنا
أن المياه الجارية تستطيع أن تنقل كميات كبيرة من المواد الرسوبية ، وأثبت
حمولة النهر من هذه المواد Load تتوقف بصفة خاصة على حجم النهر Volume
بينما يتوقف حجم الحبات التي تستطيع أن تحملها مياهه على سرعته جريان هذه

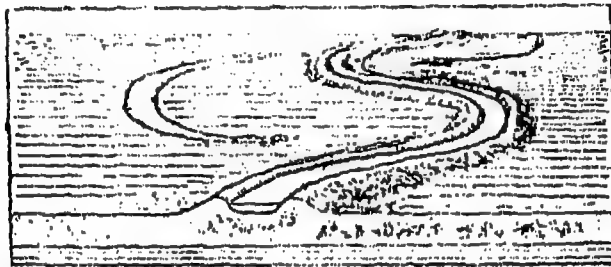
المياه ، ولهذا السبب فإن الرواسب الفيضية تنوزع عادة بترتيب خاص يعوقف على سرعة جريان المياه التي أرسبتها ، فعندما تنحدر الأنهار على جوانب الجبال فإنها تحصل معها كثيرا من الجلابيد وقطع الصخور الموشجة والحصى والكمها عندما تصل إلى المناطق السهلية فإن سرعتها تنقاص ويضطر إلى إلقاء حمولتها فتبقى أولا بالأجسام الثقيلة بالقرب من قاعد الجبال ثم تأتي بعد ذلك بالمواد الأخف فالأخف وهكذا ، وقد نرى الرواسب الصخرية والطينية الدقيقة حافة نهر لعدة مئات أو عدة آلاف من الدلو ذرات حتى تصل إلى البحر أو المحيط ، وحتى إذا كان نهر نفسه قصيرا وكان ينتهي في منخفض داخل من المواد العالقة بمياهه ترسب فوق قاع المنخفض بالتدريج بحيث ترسب أولا المواد الثقيلة ثم ترسب فوقها المواد الأخف فالأخف وهكذا . وهذا هو ما يحدث في معظم الدلتاوات الصحراوية التي تتكون عند نهايات الأنهار . وفي هذه الدلتاوات تتركز الطبقات السطحية فوق طبقات من الرواسب الخشنة التي تتجمع فيها المياه وتتكون منها خزانات مائية جوفية .

وأهم الظواهر الجيومورفولوجية الناتجة عن الإرساب النهرية هي :

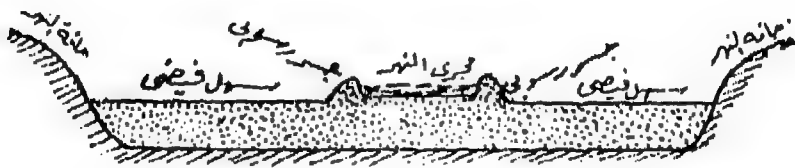
(١) السهول الفيضية Flood Plains : وهي سهول منبسطة تغطيها رواسب طينية ناعمة . وهي تتكون حول مجرى النهر وتبلغ أكبر اتساع لها حول مجرى الأدنى حيث يكون النهر متسعا ويطي الجريان وتكثر به المنحنيات وتفيض مياهه بكثرة على الجانبين فتتكون حوله المستنقعات وبعض البحيرات . وتوجد الرواسب الطينية التي تتكون منها هذه السهول في طبقات رقيقة ولكن مجزعة سمكها قد يصل إلى بضعة مئات من الأمتار ، كما هي الحال في السهل الفيضي لنهر النيل في مصر السفلى .

وتنشأ حول مجرى النهر نفسه جسور رسوبية Levees أو (Embankments) تفصلها من السهل الفيضي . وتتكون هذه الجسور نتيجة لأن إرساب المواد الطينية يكون أوضح على جوانب النهر منه في وسطه بسبب بطء حركة المياه

فه الجانبيين . وكثيرا ما تقطع مياه الفيضان هذه الجسور وتغطي على السهل الفيضى . وتزداد هذه الخطورة باستمرار لأن الإرساب على قاع النهر نفسه يؤدي باستمرار إلى تزايد ارتفاع منسوبه حتى يصبح أعلى من منسوب سطح السهل الفيضى المحيط به ، فعندما يحدث أى قطع فى جسوره فإن المياه تنفذ منه بقوة لتغمر مساحات واسعة من السهل الفيضى .



شكل (٩٤) وادى نهرى فى مرحلة الشيخوخة وسط سهل الفيضى
(لاحظ للجسور الرسوبية التى حوله ، والبحيرة المالحة التى اقتطعت منه)



شكل (٩٥) السهل الفيضى

(٢) الدلتاوات : وهى مناطق فيضية مائية تتكون من تراكم الرواسب الطينية عند مصبات الانهار نتيجة لتصادم مياهها بمياه المنطقة التى تصب فيها . ويساعد على تكون الدلتاوات عدة عوامل أهمها :

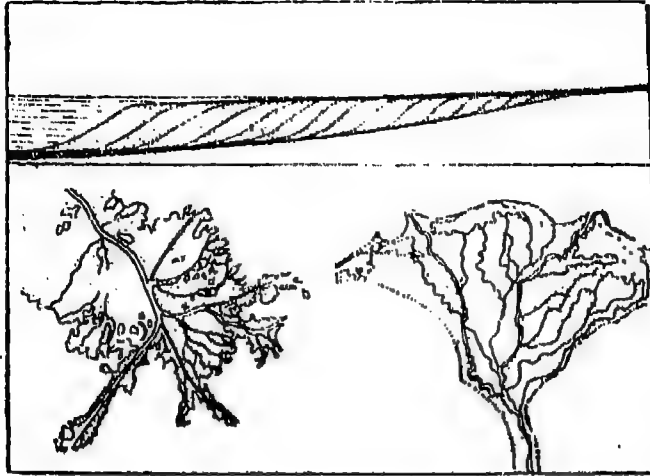
(١) مرحلة النهر من المراحل الرسوبية ، فكلما كانت هذه المرحلة كبيرة ساعد ذلك على تكوين الدلتا وعلى سرعة نموها .

(٢) قلة عمق المنطقة التي يعصب فيها النهر ، فالمياه الضحلة أصاح لتكون الدلتاوات من المياه العميقة .

(٣) عدم اندفاع مياه النهر بقوة مثل اندفاعها فوق منحدر شديد أو شلال ، لأن اندفاعها بهذا الشكل يؤدي إلى ابتعاد الرواسب عن الشاطئ ووصولها إلى المياه العميقة .

(٤) هدوء المياه عند المعصب وعدم تعرضها لتيارات أو أمواج شديدة أو حركات مد وجزر واضجة ، حيث أن هذا الهدوء يساعد على تراكم الرواسب وعلى بناء الدلتاوات ولذلك فإن الخلجان الضحلة المحمية والبيهرات والبحار الداخلية هي أصاح المناطق لتكونها .

وتتكون الدلتاوات عادة بالتدريج حيث أن الإرساب المستمر عند معصب النهر يؤدي إلى انقسام مجراه إلى عدة فروع كما يؤدي إلى انقسام المنطقة البحرية التي يعصب فيها إلى عدة ممرات تفصلها جدران رسوبية فتتوزع مياه النهر على هذه الممرات ، وبهذا الشكل ينقسم النهر عند مصبه إلى فروع عديدة إلا أن عدد هذه الفروع يأخذ في التناقص بسبب انسداد الفروع الصغيرة منها بالرواسب فلا تبقى إلا الفروع الكبيرة التي تأخذ هي الأخرى في التناقص كلما زاد الإرساب ، فنهر النيل مثلاً كانت له عدة فروع استمرت موجودة إلى ما بعد الفتح العربي ، إلا أنها تلاشت ولم يبق منها إلا فرعى دمياط ورشيد . والواقع أن دلتا نهر النيل هي أول دلتا أطلق عليها اليونانيون القدماء لفظ دلتا ، لأنها تشبه الحرف دلتا ، اليوناني ، وهي تمثل الشكل السائد للدلتاوات وهو الشكل المروحي Arcuate . وقد تأخذ الدلتاوات أشكالاً أخرى على حسب ظروف تكوينها ، ومن أمثلتها الدلتاوات المعروفة باسم الدلتاوات الإصبعية Digitate Deltas والتي تسمى كذلك بدلتاوات قدم الطير Bird's Foot Deltas لأنها تشبه قدم الطير ، وأوضح مثال لها هو دلتا نهر المسيسيبي (راجع شكل ٩٦) .



شكل (٩٦) للشكل العلى يوضح التركيب المعتمد للدلتا والشكلان
الآخران هما دلتا نهر النيل (مروحية) ودلتا نهر المسيسي (أشبية)

وبالإضافة إلى الدلتاوات المائية التي سبق وصفها فإن بعض الدلتاوات
تتكون على اليابس عند نهايات مجارى الاخوار أو مجارى السيول، ويطلق
عليها تعبير « الدلتاوات الجافة أو المراحل الفيضية » . وسنعود إلى الكلام
عليها عند كلامنا على دور المياه الجارية في الاقاليم الجافة .

الجزر النهرية : ويقصد بها الجرد التي تتكون نتيجة لتراكم الرواسب
في مجرى النهر . فقد يحدث في موسم الفيضان أن تزداد سرعة جريان النهر
وتزداد حمولته من المواد الخشنة التي يخطط لالاقائها في بعض المواضع التي
تبدأ فيها سرعة جريانه تسببا فتتكون منها حواجز أو جزر حصوية
Shingle Islands ، فإذا ما هبط مستوى ماء النهر بعد موسم الفيضان فإن
مياهه تنوزع في المجارى التي تفضل الجزر بعضها عن بعض، ويطلق على الأنهار
التي تنزع بهذا الشكل تعبير « الانهار المتفرعة » Braided Rivers

القطاع الطولي للنهر

RIVER'S LONGITUDINAL PROFILE

تعريفه ومراحل تكونه :

المقصود بهذا القطاع هو القطاع الذي يمد على طول النهر من منبعه إلى مصبه وتتمثل فيه الانحدارات الجري والعلقيات التي توجد على امتداده . ومن الممكن توضيحه بالرسم باستخدام تقارب الرسم المناسبة ، وهناك علاقة وثيقة بين هذا القطاع وبين مستوى قاعدة نفس النهر . ولا تقتصر أهمية القطاع الطولي على توضيح انحدارات النهر والعلقيات التي تعترضه ، بل إنه يوضح كذلك مراحل تطوره ، وهي مرحلة الشباب والشباب ثم مرحلة النضج ومرحلة الشيخوخة . وعلى الرغم من أن النهر بأ كله قد يكون ممثلاً لمرحلة من هذه المراحل ، إلا أن الغالب هو أن المراحل الثلاث تكون كلها ممثلة على طول مجراه بحيث تتمثل مرحلة الشباب والشباب في قسمه الأعلى ومرحلة النضج في قسمه الأوسط ومرحلة الشيخوخة في قسمه الأدنى . ولكل مرحلة من هذه المراحل مميزات الخاصة .

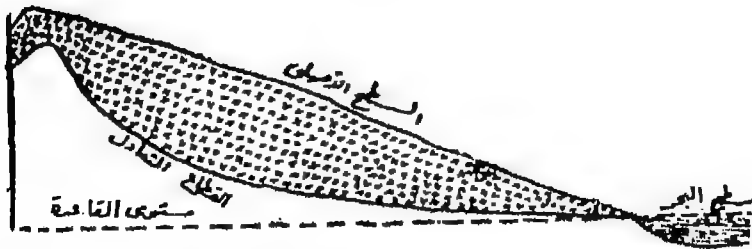
ويمر القطاع الطولي في عدة مراحل ، فعندما يبدأ النهر في حفر مجراه فإنه يكون شديد الانحدار وسريع الجريان وتكثر في مجراه الجداول ومساقط المياه والبرك والبحيرات والحفر الوعائية والمنحنيات ، وتستمر هذه الظواهر أثناء مرحلة الشباب والشباب ولكن النهر يعمل على تهذيبها باستمرار أثناء قيامه بتعميق مجراه وتوسيعه ، وهو في كل مرحلة من مراحل تطوره من الشباب إلى الشيخوخة يسعى أثناء تعميقه لمجراه إلى أن يصل به إلى مستوى قاعدته ، وآخر شكل يمكن أن يأخذه قطاعه الطولي هو شكل قوس شديد الانحدار في قسمه الأعلى ومعتدل في قسمه الأوسط وبطيئه جداً في قسمه الأدنى . ويطلق على هذا القطاع اسم القطاع المتعادل Graded Profile أو قطاع التعادل Profile of

Equilibrium وفي هذه الحالة يوصف النهر بأنه نهر متعادل Graded River . وعندما يصل النهر إلى هذه المرحلة فإن مياهه تستطيع أن تنقل كل حمولته من

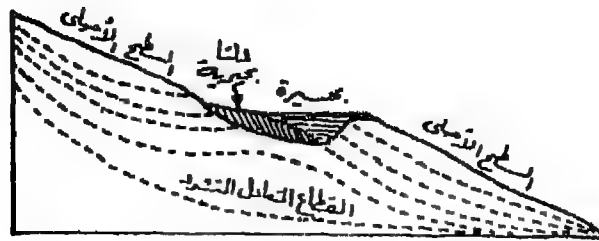
المنبع إلى المصب ولكنها لا تستطيع أن تزيد من عمق مجراه بالخفر أو أن ترفع مستواه بالإرساب ، ولئن قامت المياه في هذه المرحلة ببعض الخفر أو الإرساب فإن العمليتين تكونان متعادلتين بحيث لا يطرأ أى تغيير على شكل القطاع ، ولكن بشرط عدم حدوث أى ارتفاع أو هبوط في المنطقة التي يجري فيها النهر ، أو حدوث أى تغيير في منسوب المنطقة التي يصب فيها ، أو بعبارة أخرى بشرط عدم تغير مستوى قاعدته .

أهم العقبات التي تعترض تطور القطاع الطولي للنهر :

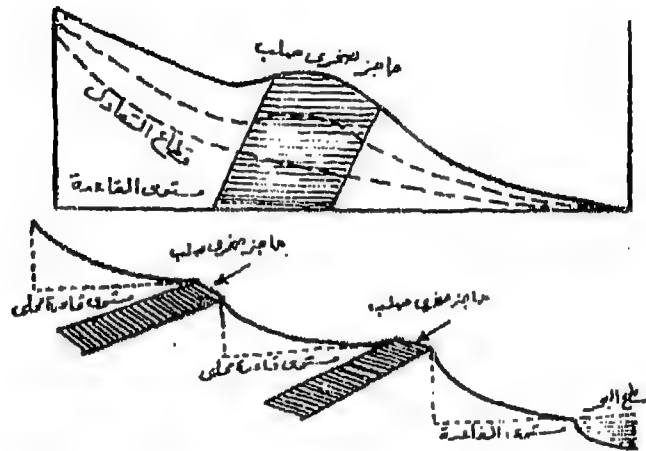
بالإضافة إلى أن حجم النهر وسرعته وحملته ونظام جريانها كلها تؤثر في سرعة وصوله إلى مرحلة التبادل فإن تضاريس المنطقة التي يجري فيها وتركيبها الصخري لها كذلك دخل كبير في هذه السرعة ، حيث أن النهر قد يتمطل مدة طويلة نسبياً في تذليله للعقبات التي تعترضه ، مثل البحيرات والحواجز الصخرية الصلبة ، فإذا وجدت بحيرة في طريق النهر فإنه يتمطل عندها بعض الوقت لأنها تكون بمثابة مستوى قاعدة محلي وبضطر لأن يبطئ عند اختراقه لها وأن يلقى فيها ببعض رواسبه فتتكون فيها بالتدريج دلتا بحيرية . وبعد أن تمتلئ البحيرة تفيض مياهها على حائتها السفلى فتأخذ في نحت هذه الحافة وتخفيضها ويترتب على ذلك انصراف مياه البحيرة بالتدريج حتى تجف ، وبعدئذ يأخذ النهر في حفر مجراه في الدلتا البحرية وفي المصبور التي يجري فوقها (شكل ٩٨) .



شكل (٩٧) أول وآخر مراحل تطور القطاع الطولي للنهر ومستوى القاعدة



شكل (٩٨) بحيرة تعترض مجرى النهر وتعطل وصوله إلى مرحلة التعادل



شكل (٩٩) عقبات صخرية تعطل وصول النهر إلى مرحلة التعادل

وكذلك إذا وجدت في المجرى طبقة صخورها أشد صلابة من صخور
 بقية المجرى فإن النهر لن يتمكن من نحتها بنفس السرعة التي كانت بها بقية
 المجرى، ولذلك فإن هذه الطبقة تبقى عالية في طريقه زمنا طويلا وتكون منها
 سلسلة من الجنادل والمندفات، وينقسم مجرى النهر بسببها إلى قسمين أحدهما
 في أعلاها والثاني في أدناها، وتعبج هي بمثابة مستوى قاعدة على القسم الذي
 يقع في أعلاها. وقد يصل كل قسم من القسمين إلى مرحلة التعادل بينما تبقى
 هي بارزة بينهما، ومع ذلك فإن سطحها ينخفض بالتدريج بسبب الانهت المائي
 فيلأصل ملسوب قاعدة القسم الأعلى من النهر وتزداد مقدرته على الحفر تبعا

لذلك ، وهكذا حتى تزول العقبة فيواصل النهر نشاطه للوصول إلى مرحلة التعادل في شكل (٩٩) ، وتعتبر الجنادل والشلالات التي تعترض مجرى نهر النيل بين الخرطوم واسوان مثالا واضحا للعقبات الصخرية التي من هذا النوع . وسبب وجودها هو مرور مجرى النهر في هذه المنطقة فوق صخور جرانيتية شديدة الصلابة .

المساقط المائية Waterfalls

إن كلمة «شلالات» تستخدم في اللغة العربية بمعناها العام للدلالة على أشكال مختلفة من العقبات التي تعترض طريق النهر ، وأهمها المساقط المائية Waterfalls والجنادل Gatona والمندفعات Rapids ، ومع ذلك فإن المقصود بالمساقط المائية بمعناها الدقيق هو حدوث تغير مفاجئ في انحدار النهر يترتب عليه سقوط المياه من مستوى مرتفع إلى مستوى أقل منه ، وهناك أسباب مختلفة لظهور هذه المساقط من أهمها :

(١) مرور النهر فوق طبقة صخرية شديدة الصلابة ترتكز فوق طبقات لينة ، فإن أي كسر في الطبقة الصلبة يؤدي إلى توغل الحفر المائية في الطبقات اللينة وتآكلها بسرعة فتظهر مقدمة الطبقة الصلبة بشكل حافة تسقط فوقها المياه ، وبمرور الزمن تآكل المياه المساقطة في الطبقات اللينة فتتبقى مقدمة الطبقة الصلبة معلقة راسخا لا تابت ، أن تسمى إلى القاع وبهذا الشكل يتراجع المسقط المائي نحو المنبع تاركا المجرى ، شكل خائق ، عميق ، ويعتبر شلال نياجرا مثالا واضحا لهذا النوع ، ويتندر أنه يتراجع نحو المنبع بمعدل ثلاثين سنتيمترا على الأقل كل سنة ، ويبلغ ارتفاعه في جانبه النابع الولايات المتحدة ٥٧ مترا وطول الخائز الذي يكون بسببه تراجع حوالى أضع عشر كيلومترا ، وكذلك تعتبر مساقط مياه خابور على نهر بوتارو Potaro River في جويانا (البريطانية) بأمركا الجنوبية مثالا آخر لهذا النوع من المساقط ، ويبلغ ارتفاعها حوالى ٢٢٤ مترا .

وإذا كانت التكوينات التي تمر من مجرى النهر شديدة الانحدار ومائلة نحو اليمين ، ولم تظهر أنهاراً أي طبقات لينية فإن مجرى النهر فيها يكون كثير المندفعات (وهي الأماكن التي تنحدر فوقها المياه انحداراً شديداً ولكنه غير رأسي) وكثير البادل ، وهي المنخفضات المائية التي تبرز على القاع .

(٢) يهبط النهر فجأة فوق حافة جبلية ، ومثال ذلك المساقط الموجودة في بعض الأنهار الإفريقية مثل نهر الكونغو ونهر الأورنج عند سقوطها على حافة الهضبة الإفريقية نحو السهل الساحلي ، فعند شلالات لانجستون مثلاً يهبط مجرى نهر الكونغو حوالي ٢٧٣ متراً على حافة الهضبة في سلسلة من المندفعات والمساقط يبلغ عددها ٣٢ مسقطاً ومندفعا . وعند شلالات أوجرابيز Aughrabis Falls على نهر أورنج يهبط هذا النهر بمقدار ١٩٤ متراً ، وتوجد هذه الشلالات بعد مدينة أيدنجتون Upington بنحو ٧٦ كيلو متراً . ويمكننا أن ندخل في هذا النوع المساقط التي تنشأ عند نطق تجمد شباب النهر



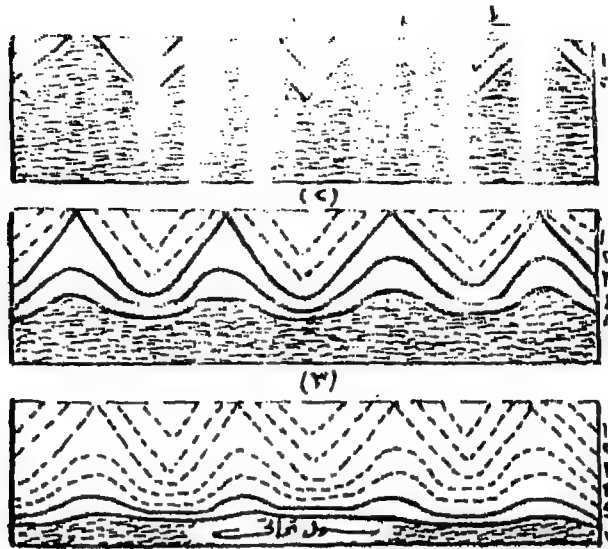
قطائع في تجمدات نياجراتيه المختلفة فعل
التي تسمى المائية في طبقاتها المنخفضة

شكل (١٠٠) شلالات نياجر

Knick Points ، سواء بسبب هبوط سطح المنطقة التي يحصب فيها النهر أو بسبب ارتفاع سطح المنطقة التي يجري فيها (كما سنبين فيما بعد) .

(٣) حدوث تعددع في قشرة الأرض يترب عليه زحف الطبقات بحيث تقبع إحدى الطبقات اللينة على جوانب الكمبر من ناحية المصب أمام طبقة شديدة الصلابة على جانبه من ناحية المنبع . وتعتبر شلالات فكهوريا على نهر الرمييزي في إفريقيا مثالا لهذا النوع من المساقط . ويبلغ ارتفاع هذه المساقط ١١٩ مترا ، وهي توجد في منطقة صحورها بازلتية . وقد ساهم في نشأتها حدوث سلسلة من الصدوع التي ترتب عليها وجود بعض خطوط الضعف التي اندفعت فيها المياه . وقد كانت بعض هذه الصدوع متقاطعة ، ولهذا السبب فإن التناق الذي تكون على الجانب الأدنى من الشلالات يسير في تعاريج متعامدة على بعضها تقريبا ، وقد كانت خطوط مناطق الضعف التي أوجدتها الصدوع عاملا مساعدا على سرعة تراجع المساقط ، ويبلغ طول التناق الذي نشأ بسبب هذا التراجع ٩٠ كيلو مترا .

(٤) زيادة سرعة تعريق أحد الأنهار الرئيسية لجراها أكثر من سرعة تعريق روافده بجاريها ، وهي ظاهرة موجودة بكثرة في المناطق التي ساهم الجليد في حفر وديانها ، حيث أن حفر الجليد لبعض الوديان الرئيسية يكون أعمق من حفره لبعض روافدها ، ولذلك فإن قاع هذه الروافد يكون أعلى من قاع الأنهار الرئيسية . وتعرف هذه الروافد باسم « الوديان المعلقة » Hanging Valleys . وتتكون المساقط المائية عادة عند مصبات هذه الروافد . وهي ظاهرة موجودة بكثرة في المناطق التي ساد فيها الزحف الجليدي في بعض المعصور مثل جبال الألب في أوروبا . وستعود للكلام على هذه الظاهرة عند الكلام على التعرية الجليدية في الفصل السابع عشر (راجع شكل ١١٢) .



شكل (١١٠) الدورة النحائية المائية في منطقة جديدة

- (١) مرحلة اللعب والشباب - تحفر المياه ودافنا جديدة في السطح الأصلي
 بشكل رقم ٧ ، ويمثلها السطحان ١ و ٢ في الشكل .
- (٢) مرحلة النضج - تبدأ باختفاء السطح الأصلي ، ويتكون السهل الفيضي
 ويتزايد اتساعه ويتزايد هبوط المرتفعات. ويمثلها السطوح ٣ و ٤ في الشكل.
- (٣) مرحلة الشيخوخة - تختفي الجبال تدريجيا وتحول المنطقة إلى شبه
 سهل أو سهل تماني ، ويمثلها السطحان ٥ و ٦ .

دور المياه الجارية في تشكيل سطح الأقاليم الجافة

دورها في النحت :

على الرغم من قلة مياه هذه الأقاليم ، وخصوصا في الأقاليم الصحراوية
 التي قد لا يسقط فيها المطر إلا بمعدل مرة واحدة كل مئتي سنة ، فإن المياه
 الجارية تلعب دورا هاما في تشكيل سطح هذه الأقاليم سواء بطريق النحت

أو طريق الإرساب من الغات ، مثلاً أن المياه الجارية هي المسئولة عن حفر جميع الأودية التي تقطع سطح الصحارى في كثير من المناطق ، ولكن كثيراً من هذه الأودية ذات أحجام ضخمة بدرجة لا يمكننا معها أن نتصور أن الأمطار الصحراوية في الوقت الحاضر هي المسئولة عن حفرها ، ولذلك فإن هناك إجماعاً على أن هذه الأودية الكبيرة ، والتي قد يصل حجم بعضها إلى حجم نهر النيل ، قد حفرتها في عصور قديمة كانت أمطار الصحارى أثناءها أكثر من أمطارها الحالية . ومن أهمها عصر البليستوسين الذي يتفق مع ما يعرف بالعصر المطير ، في العروض الوسطي «وعصر الجليد» في العروض العليا . ومع ذلك فإن الأمطار الحالية للأقاليم الجافة عموماً ومن بينها الصحارى هي المسئولة عن حفر كثير من الأخوار التي تجري فيها المياه في موسم معين فقط بينما تجف في باقي الواسم ، وأعلىها يندمى على اليابس بسبب قلة مياهه التي لا تكفي لغوصه إلى البحر أو المحيط . كما أن هذه الأمطار هي المسئولة كذلك عن حفر كثير من أودية السيول التي تقطع جوانب الجبال فتؤدي إلى تآكلها ونزاجها باستمراره وكثيراً ما تشاهد جوانب المرتفعات وقد قطعها عشرات الأودية العميقة إلى كتل صغيرة متجاورة .

دورها في الإرساب :

وبالإضافة إلى مظاهر التآكل تقوم بها المياه الجارية في الأقاليم الجافة فإن هذه المياه هي المسئولة كذلك عن تكوين كثير من مظاهر الإرساب المهمة في هذه الأقاليم . وأهم هذه المظاهر هي الدلتاوات الجافة Dry Deltas وهي التي تسمى كذلك « بالمراوح الفيضية » Alluvial Fans ، ويقصد بها الدلتاوات التي تتكون عند نهايات الأخوار أو عند نهايات مجارى السيول بعد خروجها من مناطق الجبال إلى السهول المجاورة . ونظراً لقوة اندفاع مياه السيول

المياه ، ويطلق على هذه الحافة اسم الحافة النهرية River Chiff ، ونتيجة لاستمرار نشاط النحت الجانبي يزداد اتساع نطاق المنحنيات التي تفرز حوض بالتدريج نحو المصب نتيجة لتآكل أجزائها الواحية للتيار، كما تتناقص أحجامها لنفس السبب حتى تتلاشى ولا تبقى منها إلا تلالا متعزلة، ويترتب على زحف المنحنيات نحو المصب ، مع تآكل منحدرات الاندلاق وتراجع الحافات النهرية بعيدا عن المجرى أن يتسع السهل الفيضي ويستوى سطحه تقريبا . وتكون حدود هذا السهل هي الحافات النهرية التي تكون قد ابتعدت كثيرا عن النهر .

أما في مرحلة الشيخوخة : التي تمثل مادة في القسم الأدنى من النهر ، فيكون السهل الفيضي قد وصل إلى أقصى اتساع له ، ويمرر النهر في وسطه دون أن تكون له جوانب مرتفعة ولذلك فإنه يكون كثير المنحنيات وكثير الفيضان على الجانبين ، وقد يزداد اتساع السهل الفيضي نتيجة للانهيارات التي تحدث في جوانبه أو نتيجة للنحت اللأفي الذي يحدث عندما تصل مياه الفيضان إلى هذه الجوانب أو عندما تصل إليها المنحنيات .

وقد يحدث في هذه المرحلة أن تقطع إحدى المنحنيات من مجرى النهر نتيجة لاقتراب طرفيه من بعضهما بسبب النحت ثم اندداد هذين الطرفين بالإرساب ، وعندئذ يتحول المنحنى إلى بحيرة يطلق عليها اسم البحيرة الهلالية Crescentic lake ، أو بحيرة ظهر الثور القوس Ox - bow - Lake أو البحيرة المقاطعة Cut - off - lake . ويعتبر هذا النوع من البحيرات من الصفات المميزة للسهول الفيضية الأنهار في مرحلة الشيخوخة (شكل ١-٦) .

تكوّن النهر ، أو رجوعه إلى الشباب والتجديد Rejuvenation :

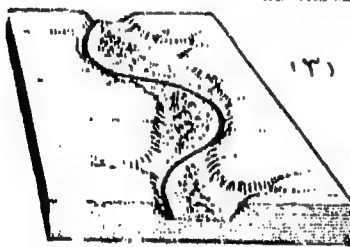
على الرغم من أن وصول الأنهار إلى مرحلة التعادل يمثل آخر مرحلة من مراحل دورتها النحائية ، كما سبق أن بينا عند الكلام على المقطاع الطولي ، فإن النهر قد يعيد دورته مرة أخرى نتيجة لحدوث فكوحس في حياته يترتب



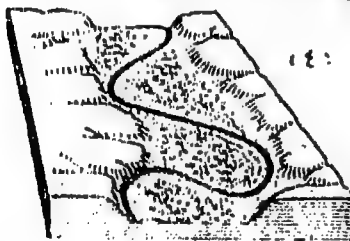
(١) الصبا والشباب - يبدأ حفر
الواديان وتعميقها وتأخذ كلها شكل
رقم ٧ .



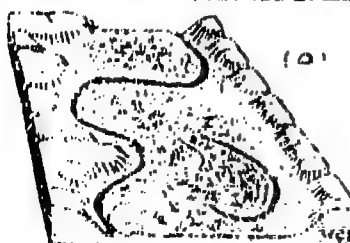
(٢) بداية التضيق - يبدأ تكون
السهل الفيضي ، ويبدأ المجري في
التمرج .



(٣) التضيق - يتسع السهل الفيضي
وتباعد الحافتان عن مجرى النهر ،
وتتجهسول التعاريج تدريجياً إلى
المنحنيات .



(٤) بداية الشبذوخة - يحتمل
الوادي كل نطاق المنحنيات بعد
توحيدها نحو المصب .



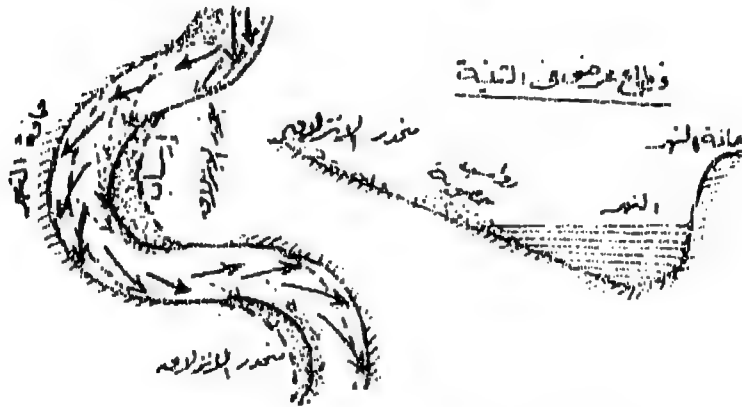
(٥) الشبذوخة - يبالغ السهل
الفيضي أقصى اتساعه ، وقد تقطع
من المجري بحركات هلالية .

شكل (١٠٣) تطور القطاع العرضي للنهر

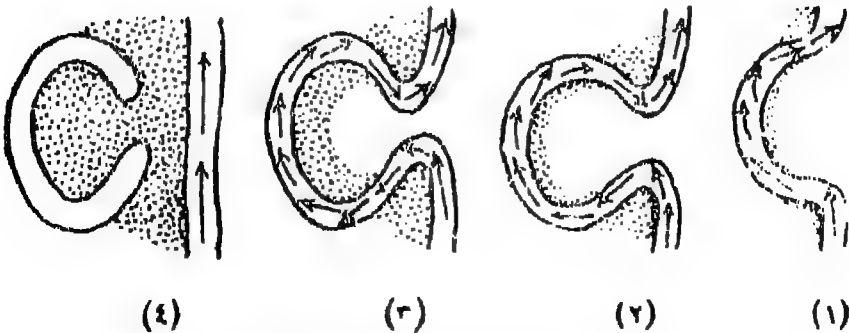
عليه رجوعه إلى صباه وشبابه فيجدد بالتدريج نشاطه في تعميق مجراه .
وتحدث حالة المنكوص إذا هبط مستوى قاعدة النهر لأى سبب من

الاسباب مثل حدوث حركة رفع في المنطقة التي يجري فيها أو حدوث هبوط في منسوب سطح المنطقة التي يصب فيها إن كانت بحرا أو بحيرة أو غيرها ففي هذه الحالة يهبط مجراه هبوطا فجائيا على هذه الحافة التي تكونت بسبب هبوط مستوى القاعدة ويطلق على هذه الحافة اسم ثقبنة النكوص Knick Point أو رأس التجديد Rejuvenation Head . وعندما يتكون مسقط مائي .

إلا أن هذا المسقط لا يبقى في مكانه بل يتراجع تدريجيا نحو المنبع نتيجة لتآكل حافة السفوط بواسطة المياه التي تسقط فوقها ولانهار أجزائها العليا نتيجة لتآكل الطبقات التي تركز عليها إن كانت أقل منها صلابة . واستمر هذا التراجع ببطء حتى يصل النهر مرة أخرى إلى مستوى التبادل الذي يتلام مع مستوى القاعدة الجديد . وقد يحدث أن يحدد النهر

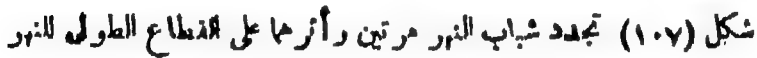
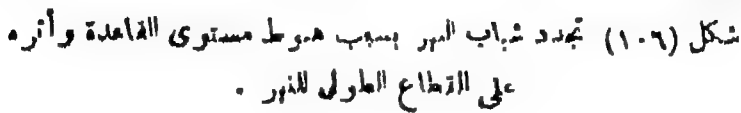


شكل (١٠٤) النحت والارساب في ثلية نهرية



شكل (١٠٥) مراحل تكونان بحيرة هلالية

الواحد شبهه أكثر من مرة ، وعندئذ نكوّن في مجراه عدة مساقط مائية على حسب عدد مرات التجديد (ارجع الشكلين ١٠٦ و ١٠٧) .



وبالإضافة إلى قنيد النكوص على لقاع الطولى للنهر فإن له تأثيرا كذلك على قطاعه العرضي ، حيث يؤدي إلى تكون مصاطب أو مدرجات نهرية على جانبيه كما إلى .

: River Terraces المصاطب النهرية

وهي عبارة عن درجات رسوبية تمتد على جانبي مجرى النهر وتكون من الرواسب التي حملها النهر أثناء تطوره . وتعتبر هذه المناطق من المناطق الرئيسية التي يسكنها نكوص النهر وعودته إلى مرحلة الصفا والشباب.

Rejuvenation ، ولذلك فإن هناك علاقة وثيقة بينها وبين نقط التجديد Knick Points . فعندما يتجدد نشاط النهر لأي سبب من الأسباب التي تؤدي إلى تغير مستوى قاعدته (كما سبق أن ذكرنا عند الكلام على هذه الظاهرة) فإنه يعود إلى شق مجرى جديد له وسط مجراه الأصلي ، فتتخلف نتيجة لذلك مصطبتان متقابلتان على جانبيه وتكون هاتان المصطبتان متسمعتين في أول الأمر ، ولكنهما تضيقان بالتدريج بسبب النحت الجانبي الذي يعاود نشاطه بعد أن يكون النهر قد انتهى أو قارب ينقضي من تعميق مجراه الجديد . فإذا ما حدث وتكرر تكوّن هذا للفرع وما إلى ذلك صباه وشبا به مرة ثانية فإن مصطبتين أخريين تتكونان بنفس الطريقة ولكن على مستوى أدنى من مستوى المصطبتين الأوليين ، ومن الممكن أن تتكرر نفس العمليات مرة ثالثة ورابعة أو أكثر فتتكون في كل مرة مصطبتان جديدتان وهكذا . ونظرا لأن المصاطب تتعرض منذ ظهورها لعوامل التعرية وتغير ذلك من عوامل الهدم



شكل (١٠٨) ثلاثة أزواج من المصاطب النهرية المتعاقبة



شكل (١٠٩) منظر مجسم لمصاطب نهرية عند مصب النهر

التي تنتج عن النشاط الحيواني أو البشري ، فإنه كلما زاد قدم هذه المصاطب اختلفت معالمها ، ومع ذلك فمن الممكن الاستدلال عليها وإعادة تصورهما بعد دراسة ما يمكن أن يوجد سواء بقايا متناثرة على طول النهر، حيث أن كل زوج من المصاطب المتقابلة تكمن له صفاته الخاصة من حيث نوع الرواسب وعمرها وأنواع الحفريات والآثار الحضارية التي تختلط بها .

الدورة التحاتية المائية

Cycle of Water Erosion

في أوائل القرن الحالي نشر العالم الأمريكي ديفيز W. M. Davis نظريته التي أطلق عليها تعبير « الدورة الجغرافية » والتي اشتهرت بعده باسم « الدورة التحاتية » (Cycle of Erosion) أو « الدورة الجيومورفولوجية » . وقد كانت هذه النظرية بداية لنهضة قوية في دراسة الجيومورفولوجيا^(١) الحديثة ، وعلى الرغم من أن بعض الباحثين قد وجدوا إليها كثيرا من النقد فإنها ما زالت تعتبر حتى الآن من أهم الموضوعات التي تتضمنها دراسة أشكال سطح الأرض، وخصوصا بالنسبة لدراسة الأنهار .

ونتلخص هذه النظرية في أن مظاهر سطح الأرض في أي منطقة إنما هي نتيجة لثلاثة عوامل مجتمعة وهي التركيب الجيولوجي لهذه المنطقة ، ثم العوامل التي تؤثر على سطحها ثم المرحلة التي وصلت إليها في تطورها . وقد تلخص ديفيز نظريته هذه في عبارته المشهورة ، وهي : « Landscape is a Function of Structure, Process and Stage » . وجوهر هذه النظرية هو أن سطح الأرض يتغير باستمرار وأنه في تغيره هذا يمر بمراحل معروفة . وقد شبه ديفيز هذه المراحل بالمرحلة التي يمر بها حياة الإنسان

(١) أن ديفيز نفسه لم يستخدم تعبير « جيومورفولوجية » عند اقتراحه لنظرية الدورة التحاتية وكان يستخدم تعبير « الدورة الجغرافية » ، أما تعبير جيومورفولوجية فقد افترسه باحثون آخرون من بعده .

أو الحيوان وأهمها مرحلة العجا والشباب Old Stage ومرحلة النضج Maturity Stage ، ومرحلة الشيخوخة Old Age Stage . وقد أدخل بعض الباحثين المعاصرين تغييرات أخرى لإضافة تفصيل هذه المراحل مثل مرحلة المراهقة Adolescence Stage ويقصد بها المرحلة المبكرة من الشباب ، ومرحلة الكهولة Senility Stage ويقصد بها المرحلة المتأخرة من الشيخوخة ولكل مرحلة من هذه المراحل مظاهرها الخاصة التي يمكن ملاحظتها بسهولة في الأشكال المختلفة لسطح الأرض ، وخصوصاً أشكال المجاري المائية .

وتبدأ الدورة الجيومورفولوجية لأي منطقة بمجرد ظهورها لأول مرة على السطح ، وليكن من تحت سطح ماء البحر ، فعندئذ تبدأ عوامل التجوية وعوامل التعرية المختلفة في تشكيل سطحها وتبدأ معها مرحلة العجا والشباب في تطور هذا السطح وفي هذه المرحلة تحفر المياه الجارية ودوامان ضيقة شديدة الانحدار بين كتل من الجبال العالية الصغيرة والحفر الوعائية والبرك ومساقط المياه وتكون هذه المظاهر المرضية لوديانها بشكل رقم ٧ ، وقد يجمع بعضها في مجاريات يخرج منها المياه في مجاري أخرى ، وبمرور الزمن يأخذ السطح الأصلي المنطوية في التآكل حتى يختفي تماماً باختفائه تلتين مرحلة العجا والشباب وفي نفس الوقت تبدأ الأنهار الرئيسية في تكوين سهولها الفيضية . ويعتبر بدء تكون هذه السهول علامة رئيسية من علاماته انتهاء مرحلة الشباب وبدء مرحلة النضج . وعندئذ تكون معظم الأنهار الرئيسية قد وصلت إلى مرحلة التعادل .

وعند بدء مرحلة النضج يكون كل السطح الأصيل قد زال تقريباً ، وتكون قمم الأراضين المرتفعة التي تفصل بين الأنهار والأحواض المتجاورة مائلة للاستدارة ، ويؤدي تآكلها المستمر إلى انخفاض سطحها بالتدريج . وفي هذه المرحلة والمرحلة السابقة تلتئم الأنهار نفسها مع التركيب الجيومورفي للمنطقة بحيث أن مجاريها تكون محصورة في طبقات هذا التركيب ، وفي هذه المرحلة تصل كل المجاري النهرية حتى الصغيرة منها إلى مرحلة التعادل .

وعندما تسيل المنحدرات إلى مرحلة الشيخوخة تكون قد تحولت إلى شبه سهل penoplateau (= pono) تقريباً ، لأن سطحها لا يكون سهلياً

تماما بل يكون كثير العوجات و تبرز فوقه بعض التلال المكونة من صخور صلبة أمكنها أن تفارم العربية و يشتهر هذا النوع من التلال باسم موناد نويس *Monadnock* . نسبة إلى الجبل المسحي بنفس الاسم في ولاية نيويورك بمشاربها هي مرتفعات الأبلاتش ، و توجد من نوعها تلال كثيرة منتشرة في صحارى البلاد العربية حيث تشتهر باسم « الفور » و غرده قارة . وفي هذه المرحلة تفقد الأنهار صلتها بالقاعدة الصخرية التي كانت تجرى فوقها لأن مجاريها تكون مرتكزة فوق الرواسب السميكة التي يتكون منها السهل الفيضي . ومعنى ذلك أن التركيب الجيولوجي لا تكون له صلة مباشرة بها . وتكون هذه الأنهار بطيئة الجريان وكثيرة المنحنيات (راجع شكل ١٠٩) .

وعلى الرغم من أن مرحلة الشيخوخة تمثل آخر مرحلة من مراحل الدورة التعاقبية المائية فإن الدورة كلها قد تتكرر في نفس المنطقة أكثر من مرة . ويحدث هذا إذا حدث ارتفاع في سطحها أو حدث هبوط في سطح البحر الذي تصب فيه أنهارها وهو السطح الذي يمثل أدنى مستوى يمكن أن تصل إليه الأنهار عند تعميق مجاريها ، ويطلق عليه تعبير مستوى القاعدة *Base-Level* (وقد سبق أن تكلمنا عليه عند شرح القطاع الطولي للنهر) فإذا حدثت أي حركة من هاتين الحركتين فإن المنطقة ترجع مرة أخرى إلى مرحلة الصبا والشباب وتنشط الأنهار من جديد في حفر مجاريها ، وتبدو مظاهر الدورة الجديدة مطبوعة *Superimposed* على سطح السهل التعاقبي (شبه السهل) الذي تكون في الدورة الأولى فيبدو الوديان النهرية الجديدة مطبوعة في وديان الأنهار القديمة . ويطلق على ظاهرة تجديد الدورة التعاقبية بالصورة السابقة تعبير « النكوص أو الرجوع إلى الصبا والشباب *Rejuvenation* » ، وقد سبق أن عالجتنا عند الكلام على القطاع الطولي والقطاع العرضي للنهر .

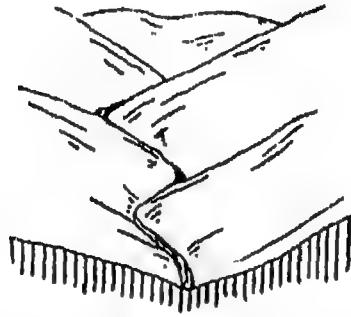
القطاع العرضي للنهر RIVER'S CROSS SECTION

تعريفه ومراحل تطوره :

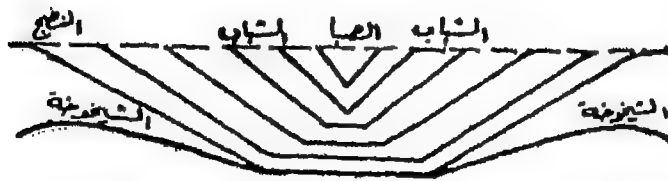
المقصود بهذا القطاع هو القطاع الذي يمد بين جانبي النهر في أى جزء من أجزائه . وكما أن القطاع الطولى له علاقة وثيقة بمراحل تطور النهر فإن قطاعاته العرضية لها كذلك علاقة بمراحل تطوره، وهى مرحلة المصب والشباب التى تتمثل فى قسمه الأعلى ومرحلة النضج التى تتمثل فى قسمه الأوسط ومرحلة الشيخوخة التى تتمثل فى قسمه الأدنى ، أى بنفس الترتيب الذى رأيناه عند دراسة القطاع الطولى . ولكل مرحلة من هذه المراحل مظاهرها الجيومورفولوجية الخاصة التى يمكن ملاحظتها بسهولة فى قطاعاته العرضية .

ففى مرحلة المصب والشباب : يكون النهر شديد الانحدار ويكون معظم مجريه موجها إلى تعميق مجراه بواسطة عمليات التآكل الرأسى وخصوصا عمليات تكوين الحفر الوعائية Pot-holes وأهمها اندفاع السواد الصخرية بحركة حلزونية نحو القاع . وبأخذ مجرى النهر فى هذه المرحلة شكل رقم ٧ ، ولا يكون له أى سهل فيضى لأن عمليات توسيع مجراه تكون محدودة جداً سواء بواسطة التآكل الجانبي أو بواسطة العمليات الأخرى المساعدة وهى التجوية وانسياب الجوانب وجرف الرواسب بواسطة الأمطار Rainwash . وفى حالات قليلة جداً تكون عمليات التوسيع معدومة تقريباً ، وفى مثل هذه الحالات يأخذ الوادى شكل خانق عميق جوانبه رأسية تقريباً . وفى كثير من الأحيان يكون مجرى النهر فى هذه المرحلة كثير التعاريج لأنه يضطر للدوران حول أى عقبة من العقبات الصخرية التى تقف فى طريقه وأهمها الألسنة الجبلية Spurs التى تدخل فى بعضها على امتداد المجرى Interlocks . وازدياد وضوح هذه التعاريج تدريجياً نتيجة للتآكل المستمر فى جوانبها المحدبة

والإرساب في جوانبها المقعرة (شكل ١٠١) . وفي هذه المرحلة يكون قاع
النهر غير منتظم وتكثر به الحفر الوعائية والجنادل والمندعات ومساقط المياه
وتستمر هذه المرحلة حتى يصل النهر إلى مرحلة التعادل Gradud . وعندئذ
يبدأ في تكوين سهل فيضيه حوله ، ويعتبر البدء في تكوين السهل الفيضي
أحد العلامات الرئيسية لإنهاء مرحلة العبث والشباب وبداية المرحلة التالية
وهي مرحلة الانضج .

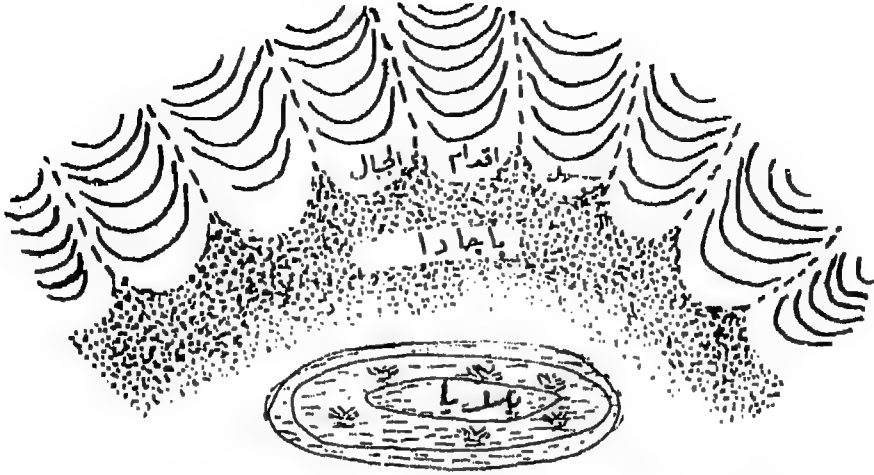


شكل (١٠١) تعاديل الوادي في مرحلة صباه

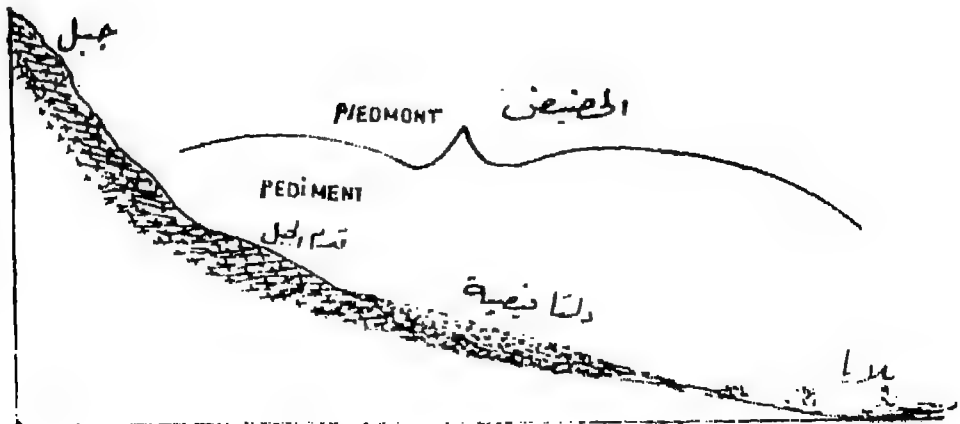


شكل (١٠٢) رسم تخطيطي يبين مراحل تطور الفطاع العرضي للنهر

وفي مرحلة الانضج يذسط النهر في توسيع مجراه بينما تقلص قدرته على
تعميقه ، ويزداد وضوح تفرجاته بسبب تزايد نشاط التآكل في جوانبها
المقعرة وتزايد الإرساب على جوانبها المحدبة التي يهدأ أمامها التيار وتتحول
هذه التفرجات بالانحداب إلى منحدرات Mounders تفصل بينها أسس رسوبية
منحدرة يطلق عليها تعبر منحدرات الانزلاق Slip-off-Slopes ، وفي مقابل كل
لسان منها تكون حافة قائمة نتيجة لتآكل المستمر في أجزائها السفلى بوا.



شكل (١١١) مظاهر الانحدار والارساب المائي في الأقاليم الجبلية



شكل (١١٢) قطاع في حوض جبال في منطقة جبلية من مزارية

كانت دلتاواتها تكون عادة مكونة من الجبال وقد قطع السبخور والخصي والرمال الخشنة ، أما الرواسب الناعمة فحاملها المياه إلى مسافات بعيدة من الجبال .

ولا تكون دلتاوات السيول ملاصقة لقاعدة الجبال مباشرة ولكنها تكون على بعد قليل منها لأن قوة اندفاع المياه لا تسمح بترسب حواملها بمجرد وصولها إلى قاعدة الجبل ، ولذلك فإن الدلتا تكون مفصولة عن هذه المادة بواسطة منطقة سطحها صخرى خالي من الرواسب ومقوس إلى أعلى ، ويطلق عليها تسمية « قدم الجبل Podium » . ونظير الدلتا أمامها بشكل أقل قليل الارتفاع . وتتكون حول المرتفعات عادة سلسلة من هذه الدلتاوات ، وهي تكون مفصولة عن قاعدة الجبال بواسطة سلسلة من الأقدام الجبلية . وبمرور الزمن يزداد حجم الدلتاوات حتى تلتقي ببعضها ويتكون منها نطاق متصل يعرف باسم « الباجادا أو الباهادا Bajada or Bahada » ، كما يزداد اتساع الأقدام الجبلية وتتصل ببعضها ويتكون منها سهل سطحه صخرى مقوس يعرف باسم « سهل أقدام الجبال Podiplain » . ومن الواضح أن هذا السهل يلبأ بسبب التآكل وليس بسبب الإرساب .

ولا تتوقف المياه المنحدرة من المرتفعات عند نطاق الباجادا بل إنها تواصل سيرها في السهول المجاورة حتى تصل إلى أقرب منطقة منخفضة فيمكنون بها مستنقع أو بحيرة ضحلة تتوقف مدة بقائها على كمية المياه وطول موسم سقوطها ، ويطلق على هذه البحيرة بعد جفافها اسم « بلايا Playa » . وتتراكم فوق قاعها الرواسب الناعمة التي تبقى عالقة بالمياه التي تصل إليها ، كما يحيط بها سهل فيضى مكون من نفس الرواسب تقريباً (أنظر شكل ١١٠ و ١١١) .

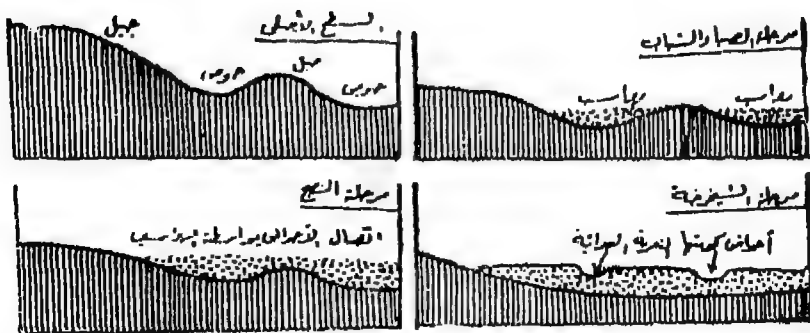
وتختلف دلتاوات الأخوار عن دلتاوات السيول من عدة نواحي مثل : حجم المواد الرسوبية واتساع المنطقة التي تغطيها ، دلتاوات الأخوار تكون غالباً مكونة من رواسب أنعم من رواسب دلتاوات السيول بسبب جريان المياه التي حملتها لمسافة كبيرة نسبياً في المناطق السهلية . ومع ذلك فإن كميات كبيرة من الرواسب الخشنة تتراكم عند رأس الدلتا ، كما تتكون منها طبقة صميكة تتركز فوقها الرواسب الناعمة في بقية أجزاء الدلتا ، ويساعد وجود هذه الطبقة على تكوين خزانات مياه جوفية مهمة . وتغطي دلتا الخور مادة منطقة متباعدة أوسع من المنطقة التي تغطيها دلتا السيول ، لأن رواسبها تنتشر غالباً في مساحة واسعة وخصوصاً إذا كان الخور متفرعاً عند نهائيه . وتعتبر دلتاوات بعض الأخوار مراكز مهمة للتجمع البشري والانتاج الزراعي في الأقاليم الجافة ؛ ومن أشهر الدلتاوات التي من هذا النوع دلتا خور الفاش (الجاش) في شمال شرق السودان ، فقد نشأت عليها مدينة كبيرة هي مدينة كسلا التي تعتبر منطقة من أهم مناطق الإنتاج الزراعي والحيواني في البلاد .

علالة النحت والارساب المائي بالدورة النحتية المصغرة :

منذ أن اقترح الباحث الأمريكي ديفيز Davis فكرة الدورة النحتية في أوائل هذا القرن أخذ كثير من الباحثين يحاولون استخدامها لتفسير مظاهر السطح الحالية للأقاليم المختلفة ومن بينها الصحاري ، ويرى ديفيز وغيره من الباحثين مثل كينج L. C. King (في جنوب إفريقيا) أن سطح الصحاري كانت في بداية الأمر جليلاً ، وأن المياه الجارية لعبت دوراً رئيسياً في تطوره .

وفينا إلى تلخيص لرأى ديفيز ورأى كينج في هذا الموضوع .

وأي ديفيز : يفترض هذا الباحث أن المناطق العذراوية كانت في بداية أمرها مكونة من سلاسل جارية نفسها أحواض منزلة . وكانت أمطارها أكثر منها في الوقت الحاضر ، وأنشأها من وديانها في مرحلة الشباب نشطت المياه الجارية في نبت التيجال وفي نقل المواد الرسوبية نحو الأحواض المنزلة فامتلات بها هذه الأجزاء ، وبامتلاتها دخلت هذه المناطق في مرحلة النضج وأخذت الرواسب تفيض من الأحواض العليا إلى الأحواض المنخفضة حتى امتلأت جميع الأحواض بعضها وبدأت عمليات الذبح العمود من الأحواض المنخفضة تعمل على تخفيض سطح هذه المناطق ، وكان ذلك هو بداية مرحلة الشيخوخة ، وفيها نقص ارتفاع التيجال بدرجة أدت إلى نقص الأمطار فلم يعد المياه الجارية دير مهم في تشكيل السطح بينما أصبحت الرياح هي العامل الرئيسي في تشكيله حيث قامت بحفر كثير من الأحواض وتخفيض سطح هذه المناطق حتى تحولت إلى سهول تحاقية .



شكل (٦) الدورة التحاقية العذراوية في رأي ديفيز

رأى كينج : يشترك هذا الباحث مع ديفيز في الافتراض بأن سطح المناطق الصحراوية كان جبليا وأن أمطارها كانت أكثر منها في الوقت الحاضر. إلا أنه يختلف منه في شرح طريقة تحولها إلى سهول تحانية حيث أنه يربطها بعنايات تكون سهول أقدم الجبال « Pediplains » ، فهو يرى أن التآكل المائي في جوانب الجبال قد أدى إلى تكوين مناطق جرداء سطحها صخرى محدب عند قواعدها ، وهذه المناطق هي التي تعرف باسم « أقدم الجبال Pediments » كما سبق أن أوضحنا ، ويتكون منها تكون المنطقة قد دخلت في مرحلة التعرية والشباب وبمرور الزمن أخذت هذه المناطق تتسع على حساب الجبال حتى تحولت إلى سهول سطحها صخرى هي « سهول القدم الجبال Pediplains » وهذا التطور دخلت هذه المناطق في مرحلة التعرية ، وخلالها قرايد اتساع هذه السهول حتى أصبحت هي المظهر السائد في المنطقة بينما لم يبق من الجبال إلا أجزاء محدودة . وهذا قد دخلت المنطقة في مرحلة التعرية فتمتصحت السهول تشغل كل أجزائها وتحولت الجبال إلى تلال صخرية متناثرة من نوع القصور ، وبهذا الشكل تحولت المنطقة إلى « شبه سهل Ponoplain » ، (أو سهل تحاني) ^(١) ، وقد يستمر تآكل التلال الصخرية بعد ذلك حتى تنفكك صخورها بفعل التجوية وتحول إلى أكوام من الصخور المفككة . وتعرف هذه الأكوام باسم « قصور الشياطين Castle Copia » .

وقد لاقى رأى كينج قبولاً بين الباحثين أكثر مما لاقاه رأى ديفيز الذي ظهر قبله بحوالي نصف قرن ، لأن كينج اعتمد في شرح رأيه على

(١) راجع ما سبق أن ذكرناه من دور المياه الجارية في تشكيل سطح الأمايم الجافة.

بعض الآراء الحديثة في تكوين السهول الصحائية . وهناك فرقان مهمان بين هذين الرأيين هما : (١) أن ديفيز يعتبر أن عمليات الإرساب تلعب الدور الرئيس في الدورة الصحائية الصحراوية بينما تلعب عمليات الانحسار دوراً ثانوياً أما في رأي كينج فيحدث العكس . (٢) أنه بينما يرى ديفيز أن الميوطن العام في سطح المنطقة يبدأ في مرحلة التضج فإن كينج يرى أنه لا يبدأ بصورة فعالة إلا في المراحل الأخيرة لتكوين السهل الصحائي .

الفصل السادس عشر

التعرية البحرية

العوامل التي تدخل في تشكيل السواحل :

تدخل في تشكيل سواحل البحار عوامل كثيرة أهمها .

١ - التضاريس الذي قد يؤدي إلى تحويل البحر في بعض المناطق وتكوين بحار وبراكين بحالية جديدة تتفق اتجاهاتها وتاريخها مع امتداد الصدوع . والمعروف أن نطاقات واسعة من سواحل المحيطات قد نشأت نتيجة للتضاريس الذي حدث في كتلتي لوراسيا وجندوانا وترتب عليها انفصال الكتل التي كونت القارات الحالية .

٢ - حركات الرفع أو الخفض التي تلحق من الحركات الأرضية المختلفة سواء في ذلك الحركات الأفقية أو الرأسية ، ومن أهمها حركات الانثناء التي قد تؤدي إلى طغيان البحر على بعض مناطق اليابس أو إلى ارتفاع قاع البحر أو مناطق اليابس المجاورة له .

٣ - عوامل التجوية التي تؤدي إلى اضمحاض الصخور للسواحل وتفكيكها وتفتيتها فتساعد بذلك على انهيارها أو تآكلها بفعل عوامل التعرية المختلفة .

٤ - عوامل التعرية ، فسواحل البحار بالذات يمكن أن تتأثر بكل عوامل التعرية ولكن بدرجات متفاوتة ، فالرياح تقوم بنحت الصخور وبرشها ، ونقل الرمال ونزولها على الشواطئ . بأشكال مختلفة من أهمها الكتبان الشاطئية ، كما أنها هي العامل الرئيسي الذي يتحكم في حركات الأمواج والتيارات البحرية التي تعتبر بدورها من العوامل الرئيسية في تشكيل السواحل (كما سنرى فيما قليل) ، كما أن المياه الجارية قد تدخل في تشكيل

السواحل بما تواجه إليها من رواسب قد تؤدي إلى تقدم الساحل على حساب البحر ، أو بما تحفره فيها من وديان تغمر مياه البحر أجزاها للندى فتظهر بشكل فليجان والتي عليها اسم المصببات الخليجية Estuaries ، كما أن الأمطار نفسها قد تجرف كثيرا من تشكيلات السواحل وتلقي بها في المياه الشاطئية ، كما أن الجليد يعتبر كذلك من العوامل الرئيسية في تشكيل سواحل الأنعام الباردة لأنه يقوم بتدعيم الشاطئ فإذا ما غمرت المياه فاشأها تظهر بشكل فليجان عميقة جوانبها قائمة أو شديدة الانحدار تعرف باسم الفيوردات Fjords .

٥ - نوع الصخور الساحل والتراكيب التي توجد فيها ، فمن الواضح أن تفكك الصخور وتفتتها بواسطة عوامل التجوية أو تأكلها بواسطة عوامل التعرية تتوقف إلى حد كبير على درجة تأثير هذه الصخور بكل عامل من هذه العوامل . كما أن التراكيب الجيولوجية التي توجد فيها هذه الصخور لها في الأخرى دخل في تحديد درجة مقاومتها للعوامل المختلفة . فإذا كان الشاطئ مكونا من طبقات رسوبية متجانسة وكانت هذه الطبقات أفقية أو مائلة نحو اليايس كانت مقاومتها للأمواج أشد مما لو كانت غير متجانسة ومائلة نحو البحر لأنها في الحالة الأخيرة تكون معرضة لكثرة الانهيار Landsliding . وإذا كانت الصخور كثيرة الثقوب والفواصل فإن تأثيرها بعوامل التجوية والتعرية يكون أكبر .

دور الأمواج في تشكيل السواحل

قوة الأمواج وحركاتها :

الأمواج هي أقوى الحركات المائية تأثيرا على السواحل ، فعلى الرغم من أن حركات المد والعجز وحركات التيارات البحرية لها أدوار جيومورفولوجية

معروفة ، فان هذه الأدوار لا يمكن أن تقارن بالدور الذي تقوم به الامواج .
 وأهم أنواع الامواج تأثيرا على السواحل هي أمواج الارتطام (راجع الفصل
 الثامن) وتقدر القوة التي تنتج من ارتطام هذه الامواج بالشواطئ بما
 يتراوح بين ٣٠٠٠ و ٣٠٠٠٠ كيلو جرام على المتر المربع الواحد . وترتبط
 بتقدم هذه الامواج وتقهقرها حركات معينة في المياه الشاطئية ، فعند تقدمها
 تكسر ها على الشاطئ . يرتفع سطح الماء ويتقدم نحو البر في حركة يطلق
 عليها اسم « تقدم البحر Swash » وعند تراجعها ينخفض السطح بحركة يطلق
 عليها اسم « تراجع البحر Backwash » . وفي أثناء حركة تقدم البحر
 يتكون تيار مائي سفلي يتحرك على القاع في اتجاه متعاكس أى نحو البحر ويطلق
 عليه اسم « تيار السحب Undertow Current » ، وهو يقوم بحرف بعض
 رواسبه الشاطئية نحو البحر .

وتتوقف قدرة الامواج على النجث على عدة عوامل أهمها :

- (١) قوة الامواج نفسها . (٢) طبيعة صخور الشاطئ من حيث درجة
 صلابتها وتناسق طبقاتها واتجاه ميلها وما يوجد بها من مناطق ضعف مثل
 الشقوق والفتائل . (٣) طبيعة الساحل من حيث كونه مكونا من جروف
 قائمة أو مستطعات رملية منخفضة أو بطيئة الانحدار ، ومن حيث كونه
 محيا في خلجان هادئة المياه أو مكشوفات التعسادم المباشر بالامواج .
 (٤) كمية ما تلتهله الامواج عند تحركها من مواد صخرية مثل قطع الصخور
 والحصى والرمال ، فكلما زادت كمية هذه المواد وزادت أحجامها زادت قدرة
 الامواج على تعطيم صخور الشاطئ ونحتها .

وأعلى منسوب اسميات النجث الناشئة من الامواج هي منسوب المد
 الأعلى ، أما أدنى منسوب لتأثيرها فليس هناك اتفاق عليه تحديده ولكنه قد

لا ينخفض في الغالب عن منسوب أدنى مستوى للجزر بأكثر من ١٤ مترا ،
على حسب رأي بعض الجيومورفولوجيين مثل شيرد (١) .

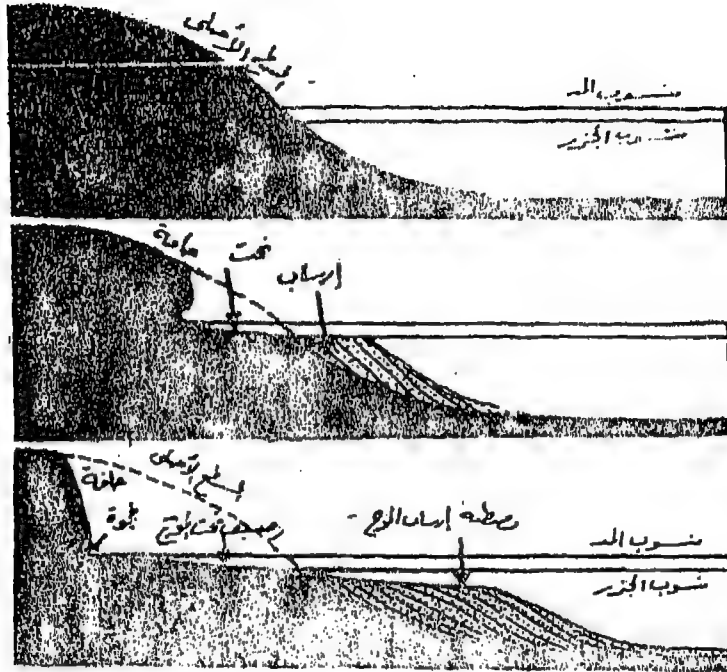
الدورة الساحلية (شكل ١٠٧) :

يبدأ تطور السواحل بمجرد ظهورها وتلاطم الامواج بها ، فاذا فرضنا
أن الساحل كان مسطحاً ومائلاً نحو البحر فإن أول عملية تقوم بها الامواج
نتيجة لتلاطمها به هي تكوين فجوة Notch على امتداد قاعدة الحافة الساحلية
على المستوى الذي يشتد فيه تحت المرج وهو المستوى الذي يتفق مع منسوب
المسد ويساعد تكوين هذه الفجوة على ظهور الساحل بشكل حافة Cliff
قائمة تقريباً ، يؤدي استمرار تحت الامواج في قاعدة هذه الحافة إلى تراجعها
وتكوين رصيف صخري مكان الجزء الذي تراجع ، ويطلق على هذا الرصيف
اسم « رصيف تحت الموج Wave-cut Platform » . وبحواره من ناحية البحر
تتراكم المواد الصخرية التي تحملها الامواج من الشاطئ ، فتتكون منها مصطبة
رسوبية يطلق عليها اسم « مصطبة ارساب الموج Wave-built Terrace » . وفي
نهايتها من ناحية اليابس تكون الرواسب خشنة ومكونة من قطع الصخور
والحصى ثم تتضاءل أحجامها وتتحول إلى رمال خشنة أو ناعمة كلما تقدمنا
في البحر ، وكلما اتسعت هذه المصطبة قل عمق المياه وقلت بالتالي قوة الامواج
وقدرتها على التآكل . وفي نفس الوقت يتزايد اعتماد الحافة الصخرية من
المياه حتى تعمل إلى وضع لا تدركه الامواج فينتهي بذلك تأثرها عليها .

ويطلق تعبير « الشاطئ Bench » بصفة عامة على المنطقة المكونة من
رصيف التآكل ومصطبة الإرساب معا . وهو يبلغ أقصى اتساعه عندما تكون
الحافة قد انتهت تماماً عن تأثير تحت الموج . ولكنه لا يستمر دائماً على

(١) F. P. Shepard, "Submarine Geology", New York 1948.

حاله ، لأن المياه تمارل دائماً أن تجرف الرواسب نحو البحر ، وخصوصاً عند اشتداد الموج ، فيتناقص بذلك اتساع المعطبة الإرساب و يتناقص اتساع الشاطئ تبعاً لذلك .



شكل (١٠٧) الدورة التعاقبية الساحلية

وهكذا فإن السواحل تمر عند تطورها بمراحل تشبه مراحل تطور الأنهار وهي مراحل العبا والشباب ثم النضج ثم الشيخوخة ، وتبدأ مرحلة العبا والشباب عندما تبدأ الأمواج في حفر العجوة الطولية في الساحل المعبري وتلتهم به تكوين رصيف تحت الموج ومعطبة إرساب، وفي مرحلة التفتج يزداد اتساع الرصيف والمعطبة و يتناقص مقدرة الموج على التفتج والإرساب ويأخذ قطاع الشاطئ من الشاطئ إلى بداية المياه العميقة شحلاً مقوساً ، وهذه هي المرحلة التي تقابل مرحلة التماثل في تطور القطاع الطولي للنهر ، وفي

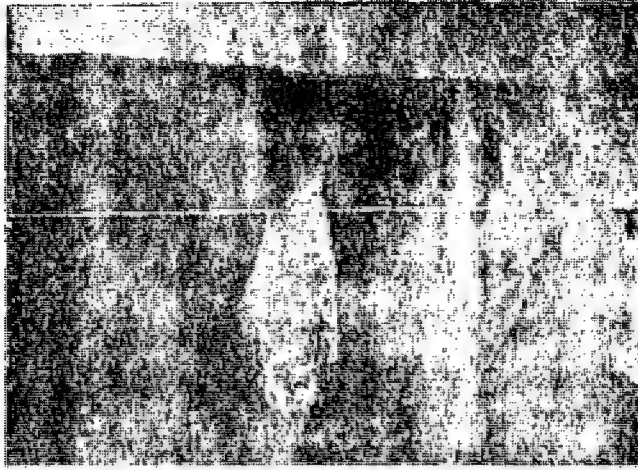
مرحلة الشيخوخة يزداد تدرج القطاع نتيجة لاستمرار تأكل الحافة بواسطة عوامل التعرية ، وتراكم المراتب الرسوبية أمامها ، وقد يتكون على امتداد الشاطئ الضحل من ناحية البحر شريط رسوبي مرتفع نوعا ما نتيجة إبداء تكسر الأمواج عند تقدمها نحو الشاطئ ، ويطلق على هذا الشريط تسمية « خط الارتطام Brouker's Line » وقد يكون هذا الشريط مغمورا ولكنه قد يبرز كذلك على السطح، ويطلق عليه في هذه الحالة اسم « الشاطئ الحاجز » وتنفصل بينه وبين الشاطئ الأصلي منطقة ضحلة مياهها هادئة ، وقد تشغل هذه المنطقة مسطحات مائية مقفلة أو شبه مقفلة يتكون منها نطاق من البحيرات الضحلة المعروفة باسم « البحيرات الشاطئية Lagoons » .

وكما هي الحال في تطور الأنهار فإن الدورة التعرية الساحلية قد تتكرر أكثر من مرة إما نتيجة لحدوث ارتفاع في سطح الأرض أو في منسوب سطح البحر أو هبوط في أي منها أو حدوث أكثر من حركة من هذه الحركات في وقت واحد . والمهم هو أن تؤدي الحركة التي تحدث إلى ظهور خط ساحلي جديد تبدأ الأمواج في التلاطم معه وتشكيله .

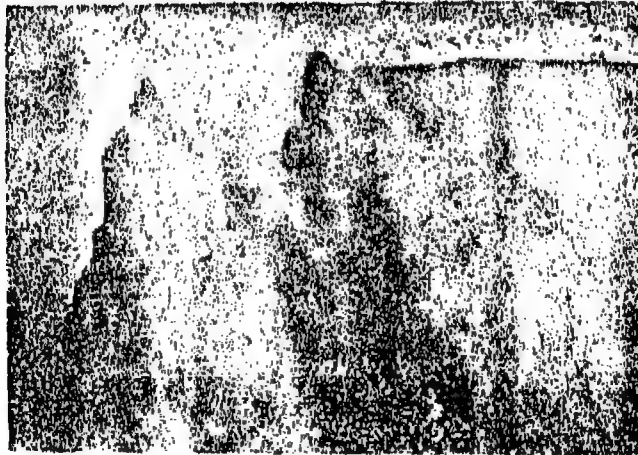
بعض الاشكال الجيومورفولوجية الساحلية :

١- الاشكال الناتجة عن النحت :

الكهوف Caves : وهي عبارة عن فجوات متعمقة حفرتها الأمواج في السواحل الصخرية ، ويساعد على تكوينها وجود مناطق ضعف في الصخور مثل الشقوق والمفاصل والأسطح الطبقة أو وجود طبقات لينة وسط طبقات صلبة في المستوى الذي يتأثر بحركة الأمواج ، حيث أن اندفاع المياه وانضغاط الهواء في داخل الشقوق والمفاصل ثم خروجها منها في حركات متوالية يؤدي إلى إضعاف جوانب الصخور وتأكلها ثم انهيارها . وقد تشترك عمليات التجوية في توسيع الكهوف ، وخصوصا في المناطق



شكل (١٠٨) قوس بحري



شكل (١٠٩) صيغور بارزة أمام الساحل ومنطقة
من الحالة السائلة التراجعة

الصخور البحرية، حيث أن تسرب مياه الأمطار المحملة بشوائب أو أكسيد الكروم
في هذه الصخور يساعد على ذوبانها وعلى توسيع الكهوف .

الأفواس والمسلات البحرية : وهي كذلك من المظاهر الناتجة من نحت
الموج في السواحل الصخرية . وتتشأ الأفواس البحرية Sea Arches نتيجة
لحركات الأمواج في جوانبي أحد الدالات الصخرية الممتدة في البحر ، حيث
يؤثر هذا النحت إلى تكوين كهف على كل جانب منها ، ويزداد عمق الكهفين
تدريجياً حتى يتقابلان وتكون منهما فتحة في الأعلى الذي يبدو له هذه الحالة
بشكل قوس أو بوابة (شكل ١٠٨) وكلما زاد اتساع القوس ضعف الجزء
العلوي منه حتى يستقر إلى القناع وعندئذ تظهر مقدمة القوس بارزة بشكل
طابود صخري يطلق عليه اسم « المسلة البحرية Sea Stack » (شكل ١١٠)
ولا يشترط أن تكون كل المسلات من أفواس بحرية ، لأنها يمكن أن تنشأ
كذلك من تآكل المواضع اللينة من اللسان البحري بينما تبقى الأجزاء الصلبة
منه بارزة أمام الساحل .



شكل (١١٠) مسلة بحرية

الحافات البحرية Sea Cliffs : ويقصد بها الجروف الصخرية التي تنشأ نتيجة لنحت الموج ، كما سبق أن بينا ، وهي تتباين فيما بينها تباينا كبيرا على حسب نوع الصخور الشاطئية ودرجة مقاومتها للنحت وتركيب طبقاتها ومدى تماسكها واتجاه مياهها ، ووجود مناطق ضعف بها مثل الشقوق والفواصل والأسطح الطبقية .

وفي بداية الدورة التعاقبية الساحلية تكون الحافة مشرفة على مياه البحر مباشرة ، وفي مرحلة العيا والشباب يتكون بينها شاطئ منخفض ، ويرداد اتساع هذا الشاطئ في مرحلة النضج حتى تعتمد الحافة تماما على تأثير موج البحر ، وفي مرحلة الشيخوخة تتآكل هذه الحافة وتدرج نحو الشاطئ وتتراكم عند قاعدتها المواد الصخرية التي تلتصق من تآكلها .

رصيف نحت الموج Wave-cut Platform : ويقصد به المصطبة الصخرية التي توجد في حوض الحافة ، وهي تتكون نتيجة لنحت الموج . ويزداد اتساع الرصيف بالتدرج ما دامت الأمواج تستطيع أن تصل إلى قاعدة جروف الحافة .

ب - الأشكال الناتجة عن الإرساب :

الشواطئ الرملية والشواطئ الحصوية : وهي الشواطئ التي تتكون منها مصطبة إرساب الموج Wave built Terrace ، وهي تتكون من المواد التي تنحسر الأمواج من جروف الشاطئ وتأتي بها إلى المياه الشاطئية . ويزداد تراكم الرواسب يزداد ارتفاعها حتى تظهر فوق سطح الماء ، وتصبح جزءا رئيسيا من الشاطئ ، وتتكون رواسب هذه الشواطئ من مواد صخرية مختلفة الأحجام أهمها الحصى والرمال ، وهي تزداد خشونة كلما اتجهنا نحو جروف الحافة حتى أنها قد تكون عند قاعدة هذه الجروف مكونة من الأحجار والحصى الكبير ، وتكون كلها في الغالب ملساء ومائلة للاستدارة

يسبب عمليات المعقل التي تحدث فيها عندما تحرك بعضها وبالرمال أثناء تقدم الموج وتقهقره . ويطلق على الشواطئ التي تسود بها هذه المواد اسم الشواطئ الحموية *Shingle Beaches* ، وهي من المظاهر التي تشتهر بها السواحل الصغيرة التي تشهد أمامها حركة الأمواج . أما الشواطئ التي تسود فيها الرمال فتعرف بالشواطئ الرملية *Sand Beaches* ، وتكون الأخيرة عادة في الأماكن التي تهدأ فيها قوة الموج مثل السواحل المقعرة والخليجان وعلى جوانب الجزر التي تقع في اتجاه انصراف الرياح (أى التي لا تواجه الرياح مباشرة) *Leeward Side* .

الحواجز الرملية *Sand-Bars* : وهي عبارة عن أشربة من الرواسب الرملية التي تتكون في المياه للشاطئ الضحلة ، وتكون غالبا موازية للساحل وكثيرا ما تكون مغمورة تحت الماء ، ولكنها قد تظهر كذلك على السطح ، خصوصا أثناء حدوث الجزر . والسبب في تكوينها هو بدء تكسر الأمواج عند وصولها إلى المياه الضحلة ، مما يضطرها لالتقاء بعض حمولتها من الرمال . وقد تتصل هذه الحواجز بالشاطئ فتعصر بينها وبينه مناطق بحرية مقفلة تتكون منها بحيرات شاطئية *Lagoons* .

الأسنة الرملية *Sand-Spits* : وهي تشبه الحواجز الرملية في كونها عبارة عن أشربة من الرواسب الرملية الممتدة في البحر ، ولكنها تختلف عنها في طريقة تكوينها ، فهي تتكون غالبا أمام فتحات الدلتا والمصببات الخليجية ، وتكون منذ بداية تكوينها متصلة من أحد أطرافها بالساحل ، وتغلب التيارات البحرية الدور الرئيسي في تكوينها ، فعندما يمر التيار البحري أمام فتحة أحد الدلتا أو المصببات الخليجية فإنه يلقى ببعض حمولته أمامها بسبب مروره في منطقة ضحلة مياهها هادئة . فينتج عن ذلك تكون لساق رملي أمام فتحة الخليج أو المصب .

الفصل السابع عشر

التعرية الجليدية

GLACIAL EROSION

تعريف :

يعتبر الجليد من أهم العوامل التي لعبت في الماضي ، ولا تزال تلعب في الحاضر ، دورا أساسيا في تشكيل سطح الأرض ، ولا تزال آثار التعرية الجليدية القديمة ظاهرة حتى الآن في كثير من المناطق التي تدخل في الوقت الحاضر ضمن الأقاليم المعتدلة أو الحارة مثل جنوب إفريقيا وأستراليا والهند والبرازيل ، وفي المناطق التي كانت أجزاء من قارة جندوانا القديمة . ومن الثابت أن كثيرا من المظاهر الجيومورفولوجية في وسط أوروبا وشمالها ، وفي وسط أمريكا الشمالية وشمالها قد تكونت بسبب التعرية الجليدية التي قام بها الجليد أثناء زحفه على هذه المناطق خلال العصور الجليدية في البليستوسين .

وأصل الجليد Ice هو الثلج Snow الذي يتساقط بكثرة في الأقاليم الباردة ، ويشترط لتكوينه أن يكون الجو رطبا ، وكلما زاد بخار الماء في الجو زادت كمية الثلج المتساقطة ، كما يشترط أن تظل درجة الحرارة في منطقة سقوطه دون درجة التجمد لمدة طويلة حتى لا تنصهر الثلوج الساقطة ، فإذا ما توفرت هذه الشروط واستمر تساقط الثلج فإنه يتراكم ويزداد تكسسه ويزداد النقل الواقع فوقه ، فمعاقته لاسفلى ، ويؤدي ذلك إلى تماسك البوراته وتحوله إلى الجسم البلوري الصلب المعروف بالجليد .

الاشكال التي يتوزع بها الجليد على الأرض :

تأخذ تجمعات الجليد أثناء تكونها أو تحركها على سطح الأرض أشكالا خاصة تتوقف على كمية الثلوج المتساقطة وأشكال التضاريس ونظام درجة الحرارة في الأقاليم التي تتواجد عليها . وأهم الاشكال التي نتمسح من ذلك هي :

- ١) الغطاءات الجليدية Ice Sheets ، ٢) الهائمات الجليدية Ice Caps ،
 ٣) الحقول الجليدية Ice Fields ، ٤) الأنهار الجليدية Glaciers .

الغطاءات الجليدية :

وهي عبارة عن مناطق شاسعة تغطيها طبقات جليدية ضخمة تخفى تحتها كل المظاهر التضاريسية لسطح الأرض ويكون سطحها مستويا تقريبا بحيث يبدو وكأنه بحر جليدي متسع . وقد كانت الغطاءات الجليدية في نصف الكرة الشمالي عظمى الانسبع حداً خلال العصور الجليدية . فقد كانت تغطي في تلك العصور كل شمال أوروبا ومعظم وسطها وغربها كما كانت تغطي معظم المناطق الشمالية والوسطى في أمريكا الشمالية ، وذلك بالإضافة إلى كل المناطق القطبية الأخرى . أما الآن فلا يوجد في العالم إلا غطاءان كبيران هما الغطاء الذي يغطي معظم جزيرة جرينلاند والغطاء الذي يغطي القارة القطبية الجنوبية كلها تقريباً . وهناك غير ذلك غطاءات أخرى صغيرة يتكون منها الشكل الذي سنطلق عليه تعبير « الهائمات الجليدية » .

ويشغل الغطاء الجليدي في جرينلاند أكثر من ثلاثة أرباع الجزيرة ، ويبلغ انساعه حوالي $\frac{1}{4}$ مليون كيلو متر مربع ، ويزيد سمكه في الوسط عن ٢٠٠٠ متر ولكنه يتناقص كلما اتجهنا نحو المحيط . فعلى السواحل الشرقية تبرز بين الجليد كثير من التلال الصخرية التي يتكون منها السطح الأصلي للجزيرة ، وعندما يصل الجليد إلى مياه المحيط نفسه فإنه يتقدم على سطحها حيث يتكسر بشكل كتل ضخمة تتكون منها « جبال جليدية Icebergs » كثيرة . وتنتقل هذه الجبال بواسطة التيارات البحرية إلى مسافات بعيدة عن الساحل . ويختلف الحال عن ذلك بعض الشيء على السواحل الغربية للجزيرة ، فعلى طول أجزاء كبيرة من هذه السواحل تمتد سواحل جليدية مرتفعة تكاد تتحدد

الغطاء الجليدي محدودا واضحا من هذه الناحية، إلا أن الجليد قد استطاع أن يحفر في جوانب هذه السلاسل كثيرا من الوديان العميقة التي تكونت منها الفيوردات المديدة التي يتميز بها الساحل .

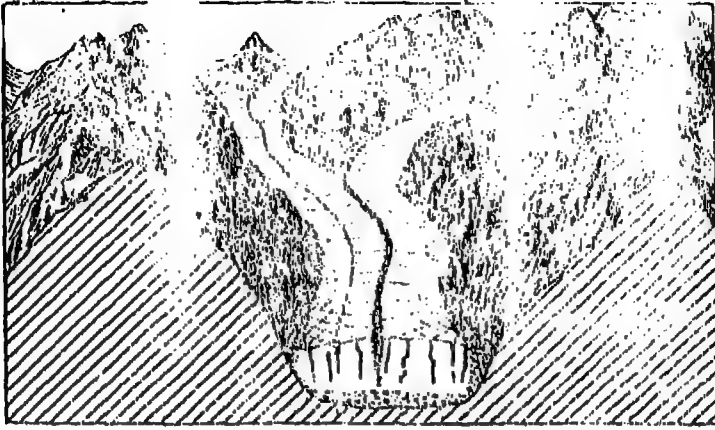
وفي القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) يكتسب الغطاء الجليدي كل القارة تقريبا . وتبلغ مساحته حوالي تسعة ملايين كيلو متر مربع ، ويزيد عمقه في الوسط عن ٢٠٠٠ متر ، ولكنه يتناقص كلما اقتربنا من الساحل حيث تبرز من تحته كثير من الدلال الصغيرة والصخور النائية . وكما هي الحال في جرينلاند فإن الغطاء الجليدي في القارة القطبية الجنوبية يزحف ببطء نحو البحر حيث يتكسر وتتكون منه جبال جليدية مخلفة الأحجام ، وقد هذه الجبال بالقرب من الساحل في نطائي كبسير يطلق عليه اسم حاجز روس Ross Barrier .

٢ - العمائم الجليدية :

ويقصد بها الغطاءات الجليدية الصغيرة التي تغطي مساحات محدودة في بعض الجزر الواقعة في العروض القطبية ومن أمثلتها عمامة جزيرة نوفايا زيمليا Novaya Zemlya وعمامة جزيرة سبيتسبيرجن Spitzbergen في البحر المتجمد الشمالي .

٣ - الخلول الجليدية :

ويقصد بها التكوينات الجليدية التي تغطي بعض المناطق الجبلية في العروض الباردة وبعض الأقاليم المعتدلة الباردة ، وهي تغطي معظم منحدرات الجبال العالية ، ولكن قد تبرز في وسطها بعض القمم الجبلية المرتفعة .



شكل (١١٣) نهر جليدي

٤. الأنهار الجليدية :

وهي عبارة عن السنة جليدية تعد من حقول الجليد وتنحدر على جوانب الجبال نحو السهول المجاورة. وهي تتبع في انحدارها الوديان التي حفرتها المياه من قبل أو مناطق الضعف أو الصدوع بين طبقات الصخور. وأهم ما يميز الأنهار الجليدية عن باقي الأشكال أن جليدها ينحدر بسرعة نسبياً، وتوقف هذه السرعة على درجة انحدار سطح الأرض وسرعة تساقط الثلج وتراكب في الحقل ودرجة حرارة الجو وشدة احتكاك الجليد بلقاع الوادي الذي ينحدر فيه وبجوانبه، لأن هذا الاحتكاك قد يؤدي إلى انصهار بعض الجليد الملاصق لقاع الوادي وجوانبه مما يساعد على سرعة تحركه، وقد تصل هذه السرعة في بعض التلابات إلى ثلاثين متراً في اليوم بينما قد تقل عن متر واحد في بعضها الآخر. وتكون الحركة غالباً أسرع في وسط التلابة منها على جوانبها. وبسبب هذا الاختلاف تتكون في الجليد شقوق طولية تمتد في نفس اتجاه حركته. وقد تظهر في الجليد كذلك شقوق عرضية تنفصل على بعض

المواضع مع الشقوق الطولية ، وتتكون هذه الشقوق العرضية في الغالب نتيجة لمبوط منسوب قاع الوادى الذي يتحرك عليه الجليد بشكل مفاجئ ، وإذا كان المبوط كبيراً فإنه يؤدي إلى تكوين ما يعرف بالسقط الجليدى Ice - Fall . وعنده تكون الشقوق الطولية والعرضية غائرة وكبيرة .

مظاهر التعرية الجليدية :

إن العمليات التى تتضمنها التعرية الجليدية هى نفس العمليات التى تتضمنها التعرية المائية أو الهوائية من حيث أنها تشتمل على عمليات نحت أو برذ وعمليات نقل وعمليات إرساب . ولذلك فعندما ندرس المظاهر الجيومورفولوجية التى تسببها هذه التعرية فإننا نقسم إلى قسمين هما : المظاهر التى تسببها عمليات النحت ، والمظاهر التى تسببها عمليات الإرساب .

أولاً - مظاهر النحت : أهم هذه المظاهر هى :

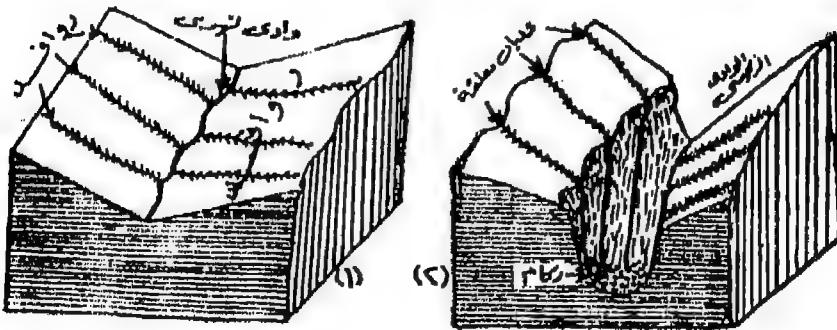
- (١) الوديان الجليدية . (٢) الفيوردات . (٣) الوديان المعلقة .
- (٤) الحلقات الجليدية . (٥) المنحور الغنمية .

(١) الوديان الجليدية Glacial Valleys : وهى الوديان التى تتعذر فيها الأنهار الجليدية على جوانب الجبال ، وهى فى الأصل عبارة عن وديان نهريّة عادية إلا أن زحف الجليد فيها قد أدى إلى تعميقها وتشكيلها بطريقة تتفق مع طبيعة النحت الجليدى . ومن الثابت أن الجليد له قدرة فائقة على النحت الرأسي ، وهى قدرة تفوق قدرته على النحت الجانبي ، ويرجع ذلك إلى ثقل الجليد واحتكاكه الشديد بالسطح الذى يتحرك فوقه ، وخصوصاً إذا كان محملاً بقطع صخرية صلبة . ولا يتقيد الجليد فى تحركه بانحناءات الوادى النهري الذى يتكون فيه بل إنه يعمل غالباً على قطع وإزالة الألسنة الصخرية التى تعترضه والتى تتكون منها الجوانب المحدبة للمنحنيات النهريّة ،

ولكل هذه الأسباب فإن الوديان الجليدية تتميز عن الوديان النهرية العادية بأنها تكون أكثر منها استقامة ، وأكثر عمقا ، وتكون جدرانها أشد انحدارا بحيث يأخذ قطاعها العرضي شكل حرف U ، كما أنها تكون أقصر بكثير من الوديان العادية ، حيث أن النهر الجليدي يملأ عادة بـ ٢٠٠٠ متر وحواله إلى الأراضى السهلية المحيطة بالجبال .

(٧) الفيوردات *Fjords* : وهي عبارة عن وديان حفرتها الأنهار الجليدية في جوانب الجبال ثم غمرتها مياه البحر فأصبحت تبدو بشكل خلجان ضيقة معمقة في اليابس . ويستوى في ذلك إن كانت مياه البحر قد غمرتها بسبب هبوط منسوب سطح الأرض أو بسبب ارتفاع منسوب سطح البحر أو بسببها معا . وتشتهر السواحل الصخرية في الأغالييم الباردة مثل سواحل النرويج بكثرة هذه الفيوردات .

(٣) الوديان المعلقة *Hanging Valleys* : وهي عبارة عن روافد مملوءة مملوءة لاهبا بشكل واضح عن منسوب قاع الوديان الرئيسية التي تصب فيها ويكون الانتقال بينها فجائيا بحيث يؤدي إلى تكون مساقط مائية في حالة



شكل (١١٤) تكون الوديان المعلقة بعد أن قام الجليد بتعميق الوادي الرئيسي .

وجود مياه جارية في هذه الروافد وتكون هذه الوديان في مناطق التلالجات إذا استطاع الدهر الجليدي الرئيسي أن يعمق واديه أسرع من تعميق الروافد لوديانها . وتوجد أمثلة كثيرة لهذه الوديان في مناطق التلالجات القديمة التي كانت تغطي مناطق واسعة في وسط أوروبا وشمالها وخصوصا في جبال الألب .

٤) الخلبات الجليدية (السيرك Cirque) : وهي عبارة عن حفر دائرية يحفرها الجليد في أعالي الوديان الجليدية ، ويزداد اتساعها بمرور الزمن نتيجة للذئح الجليدي . وتكون الحافة غالبا في الموضع الذي ينتهي فيه نهر جليدي براينين أو أكثر من روافده . وتتميز الخلبات الجليدية عموما بأن جوانبها تكون شديدة الانحدار أو قائمة ، وبأنها تنتهي من جانبها الأسفل بعنبة صخرية تفصلها عن الوادي الرئيسي . وعندما ينصهر الجليد فإن الخلبات تتحول إلى بحيرات جبلية دائرية الشكل ، وتوجد بحيرات كثيرة من هذا النوع في جبال الألب وجبال اسكنديناو وغيرها من للجبال التي كانت كثيرة التلالجات في العصور الجليدية .

وتتميز مناطق الخلبات الجليدية كذلك بوجود كثير من القمم الصخرية المدية ، ويرجع ذلك إلى تآكل المرتفعات التي تفصل الخلبات المتجاورة بعضها عن بعض بواسطة عوامل التعرية حيث تآكل أجزاؤها اللينة أولا وتبقى أجزاؤها الصلبة بارزة بشكل قمم حادة إلى أن تزيلها التعرية بمرور الوقت .

٥) الصخور الغنية Roches Moutonnees : وهي صخور تبرز على سطح الأرض فوق قاع الوديان الجليدية ، حيث أدى الجليد الزاحف فوقها إلى صقل سطوحها حتى أصبحت تبدو ملساء إلا من بعض الخدوش الطولية التي يسببها اختلاط الجليد الزاحف ببعض المقطع الصخرية الصلبة وتوجد هذه الخدوش

بصفة خاصة في الجوانب العليا لهذه الصخور نتيجة تأثير الجليد الزاحف عليها من أعلى الرادى . وتكون هذه الجوانب أقل تعدادا من الجوانب السفلى التي تكون عادة أكثر تعقيدا وغير مساءة إذا ما قورنت بالجوانب العليا . وتوجد هذه الصخور في بعض المناطق التي زحف عليها الجليد خلال انحدار الجليدية في مجموعات تبدو من بعيد وكأنها ظهور الأغنام الرابضة ، وهذا هو الذي أوحى للفرنسيين بأن يطلقوا عليها اسم « الصخور الغنمية » .

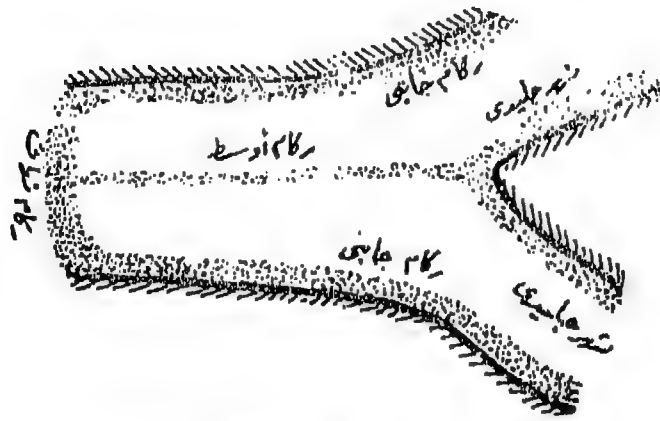
ثانيا - مظاهر الرواسب :

تتميز الرواسب الجليدية عن الرواسب المائية بأنها تكون غالباً غير متجانسة ، وبأنها لا تكون مرتبة في طبقات واضحة لأن الجليد يستطيع أن يحمل أى أجسام صلبة تختلط به مهما كانت أحجامها كبيرة . وتظل هذه الأجسام مختلطة به مادام صلباً فإذا ما أخذ في الانصهار فإنه يلقى بمحمولته دفعة واحدة تقريبا ، فتختلط الأتربة والرمال وقطع الصخور المتباينة الأحجام بعضها ببعض وتتراكم بشكل أكوام تختلج في أحجامها وأشكالها على حسب كميات الرواسب وطبيعة الأماكن التي تتراكم فيها ، وأهم أنواعها هي :

- (١) الركامات الجليدية (Moraines ، ٢) الكيمبان الجليدية Drumlins ،
- (٣) الصخور الشاردة (Erratics ، ٤) الرواسب الجليدية الفيضية Glacial-outwash .

(١) الركامات الجليدية : وهي عبارة عن نطاقات من الرواسب التي تتركب بها الأنهار الجليدية حينما تسمح الظروف بالقائها ، فبعضها يتسب على جوانب النهر وبعضها يتسب في وسطه وبعضها الآخر في نهايته . وعلى هذا الأساس فإنها تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي الركامات الجانبية Lateral Moraines ، والركامات الوسطى Medial Moraines . والركامات النهائية Terminal Moraines .

وتتكون الركامات الجليدية على جانبي وادي النهر الجليدي من المواد المعسفرة التي يجمعها الجليد من الجانبين أو التي تنفقت بفعل التجوية ، ولا يشترط أن يكون الركام الجليدي متصلا بل إنه قد يختفي في بعض المواضع بينما يكون متميكا في بعضها الآخر ، أما الركامات الوسطي فتتكون نتيجة لالقاء رافدين جليديين واتحادهما على نهر جليدي واحد ، فالذي يحدث في هذه الحالة هو أن يتحد الركامان الجليديان المتجاوران ويتكون منهما ركام واحد وسط النهر ، أما الركامات النهائية فتتكون عند نهاية النهر حيث يؤدي انصهار الجليد إلى إلقاء الرواسب التي يحملها بشكل نطاق يمتد بعرض الوادي .



شكل (١١٥) الركامات الجليدية

٢ - الكثبان الجليدية : وهي عبارة عن تلال بيضاوية يشبه الواحد منها شكل نصف البيضاية ، ولكنها تتباين كثيرا في أحجامها حيث تتراوح ارتفاعاتها بين بضعة أمتار ومائة متر وتتراوح أطوالها بين بضعة أمتار و١٥٠ مترا . وهي مكونة عموما من العوالصال الجليدي والرمال والحصى ، وهي في الغالب عبارة عن أجزاء متخلقة من الركامات الجليدية ثم عاد الجليد فزحف على سطحها فأعطاهما شكلا بيضاويا ويجه محوره في نفس اتجاه زحف الجليد ،

و كثيرا ما توجد هذه الكشبان في مجموعات يطلق عليها اسم « حقل الدرايلينز »
ويطلق البعض على المظهر الطوبوغرافي الذي يتكون منها اسم « طوبوغرافية
سلسلة البيض » .

٣ - الصخور الشاردة Erratics وهي عبارة عن كتل صخرية كبيرة
الحجم نقلها الجليد من مناطقها الأصلية وألقي بها في مناطق بعيدة مكونة من
صخور مختلفة عنها بحيث تبدو الصخور المنقولة غريبة في وسطها . ويتخذ
وجود هذه الصخور عادة دليلا على وصول الجليد في زحفه إلى أماكن
وجودها ، حيث أن كبر أحجامها يجعل من غير المحتمل أن يكون العامل
الذي نقلها هو المياه الجارية أو الرياح .



شكل (١١٦) كتل صخرية شاردة

٤ - الرواسب الجليدية الفيضية : وهي الرواسب الجليدية التي اشتركت
الماء في نقلها وترسيبها ومنها الرواسب الجليدية التي تتراكم عند نهايات الأنهار

الجليدية ، إلا أن المياه الناتجة من انصهار الجليد قد حملها إلى السهول القريبة ووزعتها على سطحها . وهي مكونة من رواسب «صخرية ورملية وصلصالية» . ونظرا لأن المياه هي التي قامت بتوزيعها فانها تكون مرتبة في نطاقات يكون أقربها إلى منطقة الجليد مكونا من الحصى ثم يليه النطاق الرملى ثم النطاق الصلصالى ، وتعرف هذه الرواسب باسم «الاسكرز Eskers» وهي تعتبر نوما من الرواسب الجليدية الفيضية، وهي عبارة عن تلال طويلة تمتد لمسافات كبيرة وتكون لها حافات محددة . وهي تشبه الركامات في امتدادها ولكنها تختلف عنها في أن رواسبها مرتبة بطريقة مشابهة لترتيب الرواسب الفيضية العادية ، أى في طبقات واضحة ، وذلك لأنها أرسيت في مياه بعض الأنهار التي كانت تجري تحت الجليد . وهي تتكون بصفة خاصة من الرمل والحصى المائل للاستدارة .

وهناك نوع آخر من هذه الرواسب يعرف باسم رواسب «الكيم Kame» ، وهي عبارة عن تلال من الحصى والرمل . وقد تكونت من الرواسب الجليدية التي حملها مياه بعض الأنهار التي كانت تجري تحت الجليد ثم أعادت ترسيبها . وهي تتميز عن الاسكرز بأنها توجد بشكل أكوام متفرقة وبأن ترتيب رواسبها ليس واضحا .

الفصل الثامن عشر

عمليات الانهيار والانزلاق على المنحدرات

Landslides and Landslips

أشكال المنحدرات :

تأخذ منحدرات وجروف المناطق الجبلية اشكالا متباينة على حسب العوامل التي ساهمت في تشكيلها وأهمها العوامل المتعلقة بالتركيب الصخري ، وعمليات التجوية ، وعوامل التعرية المختلفة وخصوصا التعرية المائية والتعرية الجليدية والبحرية وكثيرا ما تتدخل حركات الارتفاع والهبوط في القشرة في تشكيل المنحدرات والجروف نظرا لما يترتب عليها من تزايد أو تناقص في نشاط عمليات النحت وعمليات الارساب .

وليس من السهل حصر كل اشكال المنحدرات والجروف والحافات أو حصر أنواعها ، ولهذا فسنكتفى بالإشارة هنا الى اشكالها الرئيسية الأكثر شيوعا في المناطق الجبلية كما يلي :

١ - حافات الكوستات ومنحدراتها (١) .

٢ - الحافات القائمة .

٣ - المنحدرات والجروف المتكسمة .

حافات الكوستات ومنحدراتها :

يوجد هذا النوع من الحالات في المناطق الجبلية المكونة من طبقات رملية متباينة الصلابة ومائلة ميلا خفيفا في احد الاتجاهات ، وأهمها مناطق الصخور الجيرية . ففي هذه المناطق تتآكل الطبقات اللينة بسرعة بفعل التجوية والتعرية المائية بينما تبقى

(١) راجع - سهول الكوستات - في الفصل القادم .

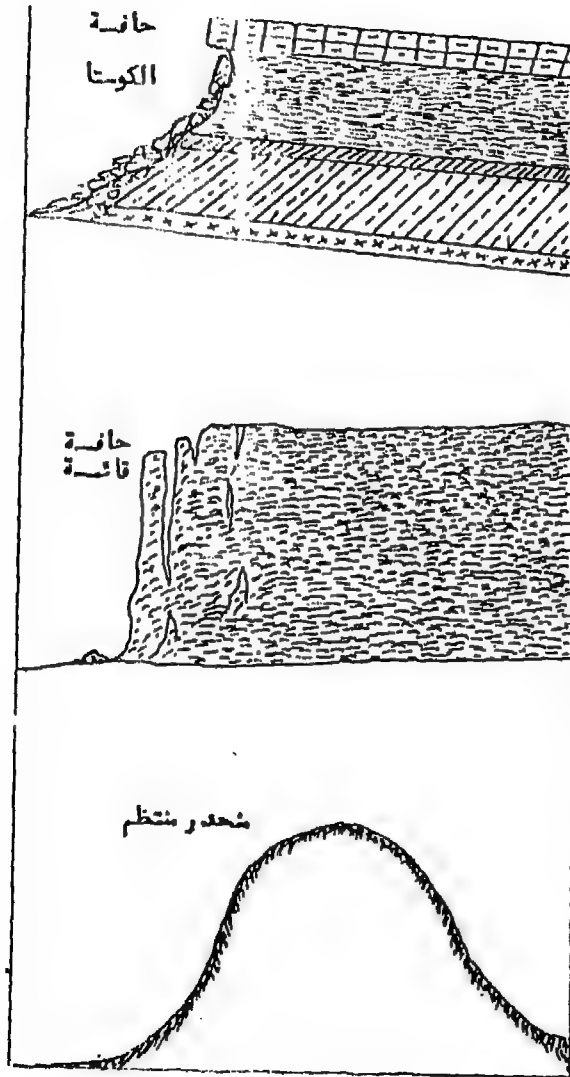
مقدمات الطبقات الرملية بارزة فوقها حتى تضعف وتنفذ توازنها فتتهار • وكثيراً ما تبدو مقدمات الطبقات السطحية الرملية في أعلى هذه الحافات بشكل شرفات صخرية وتبدو هذه الحافات غالباً بشكل جروف شديدة الانحدار وتكثر عليها الانهيارات والانزلاقات الصخرية • وقد تتراكم على سطوحها كميات كبيرة من المواد الصخرية الناتجة من هذه الانهيارات فتحصى هذه السفوح من عمليات التجوية والنحت المائس • وفي هذه الحالة تأخذ الأجزاء العليا من الحافة في التراجع بينما يبقى سفحها في مكانه وترتب على ذلك تناقص درجة انحدارها وتزايد كميات المواد الصخرية المتراكمة على سفحها وعلى جانبيها حتى تصل إلى قرب قممتها • وغالباً ما تستقر على الحافة نفسها كتل صخرية ضخمة ناتجة من انهيار مقدمات الطبقات الرملية •

ب - الحافات القائمة : (Cliff) :

تأخذ هذه الحافات شكل جدران رأسية • وهي توجد على جوانب الهضاب والاريان المدمية وجوانب الفيوردات وعلى جوانب الهضاب المكونة من طبقات سميكة من الصخور الجيرية المتجانسة • حيث تؤدي عمليات التجوية وخصوصاً التجوية الكيميائية إلى تقطيع الصخور بواسطة شقوق ومفاصل متقاطعة وشعاعية فتحولها إلى كتل قائمة متراصة لا تثبت أن تنهار نتيجة لاستمرار التجوية والتعرية المائية أو الجليدية وما يترتب عليها من استمرار توسيع الشقوق والفواصل وتعميقها • فإذا ما انهيارت هذه الكتل فإن الحافة تظهر بشكل حائط رأس • وتعتبر حافات دوفر المشرفة على بحر المانش من أشهر هذا النوع من الحافات •

ج - المنحدرات المنتظمة :

تتكون هذه المنحدرات في المناطق الجبلية المكونة من طبقات صخرية متجانسة ومتقاربة في قوة مقاومتها لعمليات التجوية وعمليات التعرية • وتأخذ هذا النوع من المنحدرات غالباً شكلاً محدباً في أعلاه ومقعراً في أسفله • أي على امتداد خط التقاء بقاع الوادي أو السهل المجاور له • إلا إذا كانت قد تراكمت على سطحه



شكل (١١٢) الامتكال الرئيسية للمنحدرات

كميات من المواد الصخرية التي انزلت عليه حيث تتكون من هذه المواد مصطبة رسوبية ينحدر سطحها تدريجيا نحو طح الوادي أو السهل . وتتكون المواد الصخرية المنحدرة على هذا النوع من الحافات من الحصى وتطلع الصخور الصغيرة وقلبا تحتوى على كتل صخرية ضخمة من نوع الكتل التي توجد على حافات الكورسات وينحدراتها .

اشكال الانهيار والانزلاق :

تعتبر عمليات الانهيار والانزلاق الأرضية التي تحدث على المنحدرات الجبال من العمليات الشائعة في كل المناطق الجبلية ، وهي ذات تأثير هام على تشكيل هذه المنحدرات ، وتشكيل السهول والوديان المجاورة لها . وتقوم هذه العمليات بأدوار مشابهة للأدوار التي تقوم بها عمليات التعرية المختلفة ، ولكنها تختلف عنها في أنها لا تنقل المواد الصخرية تدريجيا وإنما تقوم بنقل كميات ضخمة منها من المنحدرات المرتفعة إلى المنحدرات المنخفضة أو إلى السهول والوديان المجاورة دفعة واحدة وبشكل فجائي في كثير من الأحيان .

وتحدث هذه العمليات بأشكال مختلفة ، فمنها ما يحدث بشكل انهيار أو سقوط مفاجئ . لجزء من الحافة الجبلية ، ومنها ما يحدث بشكل انزلاق للواد المفككة التي تتجمع على المنحدرات أو بشكل زحف بطيء لقطاعات كبيرة من التربة . وعلى أساس طبيعة هذه العمليات وطرق حدوثها يمكننا أن نقسمها إلى الأشكال الآتية :

- (١) السقوط (أو الانهيار) الصخري Rockfall أو Rockslide ويقصد به السقوط أو الانهيار الفجائي لجزء من الحافة الجبلية على الأرض المنخفضة المجاورة لها ، (٢) انزلاق الحطام Dubris Slido ويقصد به انزلاق المواد الصخرية المفككة التي تتراكم على سطح الحافة ، (٣) الجريان الطيني Mudflow ويقصد به انزلاق المواد الطينية (٤) زحف التربة Soil-creep .

وبالاحظ أن الحركات الثلاث الأولى تحدث عادة بشكل مفاجئ . أو سريع جدا . وقد ترتب عليها كوارث مروعة . أما الحركة الأخيرة فبطيئة جدا ولا يظهر أثرها إلا بمروور عشرات السنين .

الانهار الصغرى Rockfall or Rockslide

المقصود بهذا الانهيار هو سقوط جزء من حافة الجبل نفسه نتيجة لافصالها عن بقية الحافة . ويحدث ذلك عادة بسبب كثرة الشقوق والمفاصل التي يزداد اتساعها وامتدادها باستمرار نتيجة للتجوية والتمرية ، وخصوصا التمرية المائية ، وقد يتصل عدد منها بشكل يؤدي إلى فصل جزء من الحافة الجبلية عن جسم الجبل ، فيهوى هذا الجزء إلى أسفل . وكثيرا ما تساعد الهزات الأرضية على سرعة انفصال بعض أجزاء الحافة بعد أن تكون الشقوق والمفاصل قد أضعفت اتصالها بها . وقد تؤدي الانهيارات التي من هذا النوع إلى كوارث مروعة إذا ما سقطت على أماكن مسكونة . وإذا حدث وسقطت الكتلة المنهارة في ماء البحر فإنها تؤدي إلى حدوث موجات عالية تغطي بسببها المياه على كثير من المناطق الساحلية . والانهارات المروعة التي من هذا النوع ليست نادرة الحدوث ، ومن أمثلتها الانهيار الذي أصاب إحدى قرى مناجم الفحم في ولاية ألبيرتا الغربية في أمريكا ، وهي قرية فرانك Frank التي تقع في واد يشرف عليه جبل تيرتل Turtle بحافة شديدة الانحدار ، ففي صبيحة أحد الأيام في سنة ١٩٠٣ ، هوت من حافة الجبل كتلة صخرية ضخمة يزيد حجمها على ٣٠ مليون متر مكعب فوق القرية فدمرت قسما كبيرا منها وقتلت كثيرا من سكانها (١) . وفي أكتوبر سنة ١٩٦٣ ، جدت انهيار مماثل في

Chester R. Longwell and Richard F. Flint, "Introduction (١)
to Physical Geology", (John Wiley), 2nd ed. 1962, p. 134.

في شمال إيطاليا في حافة جبل نوك الواقع إلى الشمال من مدينة البندقية ، حيث سقطت كتلة صخرية ضخمة من حافة هذا الجبل على سد مائي كبير هو سد فايونت الذي كان يحجز خلفه خزاناً سعة ٥٣٠ مليون متر مكعب من الماء . وكان ارتفاع السد نفسه حوالي ٢٦٠ متراً . وقد سقطت الكتلة المنهارة على طرفه الجنوبي فهدمته واندفعت مياه الخزان بقوة ودمرت كل مائي طريقها وأزالت من الوجود قرية فايونت نفسها ، وقتل في هذه الحادثة أكثر من أربعة آلاف نسمة .

وفي هذا النوع من الانهيارات قد تندفع الكتلة المنهارة في الهواء وتنقطع مباشرة على الأرض المنخفضة التي تشرف عليها الحافة ، ويحدث ذلك إذا كانت الحافة قائمة أو كان الجزء المنهار منها بارزاً إلى الأمام . وسواء هوت الكتلة المنهارة في الهواء أو انحدرت على جوانب الجبل فانها تنقسم غالباً عند سقوطها فتندفع أجزاء منها كالفنابل إلى مسافات كبيرة مما يؤدي إلى زيادة الخسائر الناجمة عنها . وفي حالة انحدارها على جانب الجبل فإنها تندفع إلى أسفل في قفزات قوية وسريعة بسبب عدم استواء السطح الذي تنحدر عليه . أما في حالة سقوطها في الهواء فإن أجزاءها قد تندفع في خطوط مستقيمة بعيداً عن الحافة فتعمل إلى مسافات بعيدة أو تصطدم بالحافات المقابلة . وقد كان ذلك واضحاً في إحدى حوادث الانهيار التي حدثت في جبال الألب السويسرية سنة ١٨٨١ بالقرب من قرية Elm . حيث انهيار القسم العلوي من حافة أحد الجبال فوق منجم للاردواز كان موجوداً في نفس الحافة . وقد ساعد تعمق هذا المنجم في حافة الجبل على إضعاف تماسك الأجزاء التي تعلوه فهوت بقوة إلى الوادي المجاور . وأما ما لوحظ في هذه الحادثة هو أن الكتلة الصخرية الساقطة اندفعت في الهواء في خطوط مستقيمة ولم تتوقف

إلا عند اصطدامها بالجانب الآخر للوادي وقد أصبح هذا النوع من الانهيار
يشتهر باسم «انهيار إلم الصخري Elm Rockfall» (١).

وقد يحدث الانهيار الصخري كذلك بشكل انزلاق سريع لجزء كبير
من الطبقة الصخرية السطحية لجانب الجبل ، ويحدث ذلك إذا كانت هذه
الطبقة مرتكزة على طبقة أخرى مكونة من مواد قابلة للتفكك والامتزاج
بالماء مثل المواد الطينية والعمامالية، فعندما تلجرب المياه إلى هذه الطبقة تحوّلها
إلى مادة طينية ليّنة ، فتزلق عليها الطبقة التي فوقها . وقد كان هذا
واضحاً في الانزلاق الذي حدث في سنة ١٩٢٥ في جنوب يلو-ستون بارك
Yellow Stone Park في ولاية ويومينج Wyoming ، حيث انزلت شريحة
ضخمة من طبقة الصخور الرملية التي تعلو المنحدر المائل على وادي بروس
Gross Ventre نحو هذا الوادي نتيجة لسقوط أمطار غزيرة مادية ،
وتعرب المياه إلى الغلبة العملاقة التي ترتكز عليها طبقة الصخر الرملية
السطحية ، مما أدى إلى تحوّلها إلى مادة طينية ليّنة فانزلقت دليها هذه الطبقة
بقوة نحو الوادي فسدت وتكونت نتيجة لذلك بحيرة كبيرة في مجراه .

انزلاق الحطام Debris Slide

المنهود بهذا الانزلاق هو الانحدار السريع للمواد الصخرية المتراكمة
على المنحدرات نحو السهول أو الوديان المجاورة . وأهم العوامل التي تسبب
هذا الانزلاق هي سقوط الأمطار بغزارة شديدة يترتب عنها تشبع هذه
المواد بالماء مما يسهل انزلاقها إلى أسفل حيث تتراكم عند السفح . فإذا حدث
وانزلت إلى أحد الوديان فإنها تسده ، وقد تؤدي إلى تكوين بحيرة في مجراه .

(١) نفس المرجع P. 125 .

ويستخدم في وصف المواد الصخرية المتراكمة على جوانب المنحدرات تعبيران هما Regolith و Talus ، والمقصود بالتعبير الأول هو المواد المفككة المتراكمة على الصخور بدون نظام ، أما المقصود بالتعبير الثاني فهو المواد التي تراكم في أكوام كبيرة مقوسة إلى الخارج . ويحدث هذا نتيجة لتوقف زحف المواد الصخرية في أحد المراضع واستمرار تراكم المواد المنحدرة من أعلى فوقها . إلا أن الأكوام التي تتكون بهذا الشكل تكون دائما عرضة للانزلاق والانزلاق إلى أسفل . ويمكن لانجرارها سقوط أى جسم ثقيل فوقها أو حدوث أى هزة أرضية أو سقوط الأمطار بغزارة عليها .

الجريان الطيني Mud flow :

المقصود بهذا الجريان هو الانحدار السريع للواد الصخرية المختلطة بالطين نتيجة لزيادة المياه التي تسقط عليها بدرجة تفوق ما يلزم لتشبعها . فينتج عن ذلك تحولها إلى خليط طيني صخري سريع الحركة . وكلما زادت المياه المختلطة بهذه المواد زادت سرعة جريانها . وكثيرا ما يبدأ الجريان الطيني في أعلى الجبل بشكل نهر مائي مادي عند سقوط الأمطار بغزارة ، ولكنه سرعان ما يتحول إلى نهر طيني بسبب اختلاط المياه عند انحدارها السريع بالمواد الطينية والصخرية التي تصادفها ، وكلما انحدرت المياه دفعت أمامها مزيدا من المواد الصخرية والطينية حتى يتكون منها في مقدمة النهر ما يشبه السد الرسوبي الثقيل الذي يتحرك ببطء . وينتج عن ذلك تجمع المياه الطينية على جانبه الأعلى حتى إذا ما وصل إلى الأرض المنخفضة فإنه ينهار بسرعة فتغطي المياه الطينية بما تحمله من صخور على المناطق المجاورة مسببة خسائر جسيمة في كثير من الأحيان .

ويظهر مثل هذا الجريان غالبا في الأقاليم شبه الجافة، حيث يكون الغطاء

النبات الذي يحمى التربة فقيرا ، فاذا ما سقطت الأمطار بغزارة وبشكل مفاجئ ، فإنها تؤدي إلى ظهور أنهار مؤقتة تجرف أمامها المواد الصغيرة والمواد الطينية التي تكونت بسبب عمليات التجوية خلال فترات الجفاف الطويلة ، فاذا ما انتهت هذه المواد إلى واد رئيسي فإنها تبقى على قاعه حتى تجف بسبب تبخر مياهها وتسرّبها ، فتتكون منها كتلة صلبة متماسكة لا يسهل تحريكها بعد ذلك .

زحف التربة Soil creep :

المقصود بزحف التربة هو انزلاقها ببطء شديد على جوانب المنحدرات . وهي ظاهرة موجودة على كل المنحدرات مهما كان انحدارها بسيطا إذ أن قوة الجاذبية تعمل باستمرار على زحف التربة إلى أسفل . وكثيرا ما يكون هذا الزحف غير محسوس ، ومع ذلك فمن الممكن الاستدلال عليه بواسطة الانحناء الذي يطرأ على أعمدة التليفون أو الأشجار أو الأسوار بحيث يبدو أغلبها مائلًا نحو المنحدرات السفلى ، وتأثير عملية الزحف بعوامل كثرة مثل درجة الانحدار وطبيعة السطح وتركيب التربة ونسبتها ونسبة الكثافة النباتية التي تغطيها وكثرة المياه التي تختلط بها وما ينتشر عليها من مظاهر النشاط البشري والعمرائي وما يعيش فوقها من حيوانات مستأنسة أو غير مستأنسة بما في ذلك الحشرات والحيوانات المفترسة وغيرها .

وتشتهر المناطق الباردة والقطبية بنوع خاص من زحف التربة يعرف باسم « زحف التربة الجليدي Solifluction » ففي كثير من هذه المناطق تكونت الأرض التي ترتكز عليها التربة السطحية متجمدة باستمرار Permafrost حتى عمق يزيد أحيانا على ١٥٠ متر ، بينما لا تتجمد التربة السطحية إلا في الشتاء ، فاذا مابداً الدفء في فصل الربيع فإن التربة السطحية تنصهر وتتشبع بالماء ،

وتتزايد المياه بها كلما تقدم فعل العينة، لأن تجدد الطبقات التي تحتها لا يسمح لها بالتسرب إلى أسفل، ويترب على ذلك انزلاقها تبعاً لاتجاه الانحدار.

ويظهر في هذه المناطق كذلك شكل آخر من أشكال زحف التربة، وهو يحدث غالباً بسبب تجدد المياه في مسام التربة وفجواتها، لأن تجدد هذه المياه يؤدي إلى زيادة حجمها فيساعد ذلك على تفكك التربة وتسهيل زحفها بمجرد انهيار الناتج الموجود في مسامها وفجواتها وهذه العملية هي في الواقع عملية من عمليات التجوية الآلية.

وقد يحدث في بعض الأحيان أن تتجدد المياه المتجمدة في طبقات محصورة بين طبقات التربة الصخرية أو الطينية، فيؤدي تجدد هذا الشكل إلى دفع طبقات التربة التي فوقها إلى الخارج قليلاً، فإذا ما انصهرت الطبقات المتجمدة فإن طبقات التربة التي فوقها لا تكون ملتصقة تماماً بالانحدار الذي تحتها فتنتقل إلى أسفل، وقد يحدث انهيارها في بعض الأحيان في اتجاه رأسى^(١).

الفصل التاسع عشر

المياه الجوفية

المياه الجوفية كجزء من مياه القشرة الأرضية :

تمثل المياه الجوفية بمعناها المألوف نسبة صغيرة من المياه التي توجد في كل القشرة الأرضية ، والتي تشكل في مجموعها حوالي ٤,٢ ٪ من الغلاف المائي الكلي للأرض . وتشكل المياه الجوفية وحدها حوالي ٦,٥ ٪ من هذه النسبة و ٢٢ ٪ فقط من الغلاف المائي كله (١) والمياه الجوفية التي نقصد ها هي المياه التي توجد في تكوينات صخرية تسمح بتحركها واستخراجها بحفر الابار والحصول عليها بمسدد انبثاقها على السطح بشكل عمود او نافورات .

اما مياه القشرة الاخرى فلمن من الممكن الاستفادة بها ، لأن معظمها يدخل في تركيب المعادن والصخور ولا يمكن فصله عنها ، كما يوجد بعضها محبوسا في احواض شمعلة على اعماق شحيحة لا يسهل الوصول اليها ، ويطلق عليه جيولوجيا اسم الماء المقرون Connate water . وهو ماء حار شديد الملوحة . وترجع نشأته الى العصور الجيولوجية التي تكونت فيها الصخور التي انحبس بداخلها . ولهذا فان عمره يقدر بملايين السنين . ونظرا لانعزاله التام فانه لا يدخل في الدورة المائية العامة ولا يتغير حجمه بمرور الزمن .

والصدر الاساس للمياه الجوفية هو مياه الأمطار والثلوج المنصهرة ، سواء بتسربها في التربة والصخور مباشرة او بتسربها من الانهار وغيرها من السطوحات المائية ، مع ملاحظة ان هذا لا ينطبق على الماء الذي يدخل في تركيب المعادن والصخور أو الماء المقرون المشار اليه .

نطاقات المياه الجوفية : توجد هذه المياه في نطاقين رئيسيين هما :

- ١ - نطاق المياه الجوفية السطحية ويطلق عليه اسم نطاق التشبع المتقطع Zone of intermittent saturation وهو يتداخل في أعلاه في نطاق التربة وتكون

(1) Lvovich, ... , "The Worlds Water", moscow 1973, The English Translation by Stoklitaky.

من النطاقين معا نطاق كبير يعرف باسم " نطاق التهوية " *Zone of Aeration* وتوجد بعض الاختلافات الجوهرية بين هذين النطاقين ، فبينما يكون نطاق المياه الجوفية السطحية مشبعاً في أغلب الحالات بمياه طليقة تتحرك بسهولة نحو الميسون والبارفان مياه نطاق التربة تكون عبارة عن غشائيات رقيقة جدا حول جزيئاتها ، ولا يسهل تحركها خلال السام بشكل يسمح باستغلالها كمورد مائي . ولكنها يمكن أن ترتفع الى السطح بتأثير الخامة الكبرية حيث تتعرض للتبخير .

٢ - نطاق المياه الجوفية العميقة ، ويطلق عليه اسم نطاق التشبع الدائم *Zone of Permanent Saturation* وهو النطاق الرئيس للمياه الجوفية . التي توجد عادة في طبقات رسوبية نفاذة *Permeable* تتشبع بالنسبة لحدود جيولوجية تتتابع في قدمها من أعلى الى أسفل . وتفصل بعضها عن بعض طبقات غير نفاذة *Impermeable* تحول دون تسرب مياهها إلى أعلى أو إلى أسفل ، ويطلق على المياه الجوفية في هذا النطاق اسم " المياه الجوفية العميقة " . وليس هناك عمق محدد للمستوى الذي توجد عنده هذه المياه لأن هذا العمق يتوقف على سمك الطبقات التي تعلو الطبقة الحاملة للماء وعلى تباين سطح الأرض ، ولهذا فبينما يصل بعد بعضها عن السطح أكثر من ألف متر فإن بعضها الآخر قد يكون مجاورا للسطح ، بل وقد يظهر فوقه أحيانا فيشكل بحيرات ، كما هي الحال في بعض المنخفضات التي يصل قاعها الى الطبقة الحاملة للماء ، ومن بينها كثير من المنخفضات الصحراوية .

المياه الجوفية السطحية :

توجد المياه الجوفية السطحية غالبا في تكوينات صخرية حديثة من أهمها التكوينات الرسوبية التي تراكمت منذ الزمن الجيولوجي الرابع حتى الآن ، ومن أهمها التكوينات الرسوبية لوديان الانهار ودلتاواتها ، والركامات الجليدية والكتبان الرملية ، كما توجد كذلك في شقوق الصخور النارية ومساميلها ، وفي كهوف وسرايب الصخور الجيرية في المناطق الكارستية .

وترتبط هذه المياه ارتباطا مباشرا بالجو عن طريق مسام التكوينات التي فوقه ، ولهذا فانها تتغير من وقت الى آخر على حسب نظام سقوط الامطار حيث تزداد مساميها مع المطر وتنقص مع موسم الجفاف ، بل انها قد تنضب أحيانا اذا توقف سقوط المطر لفترات طويلة ، وهي تتعرض كذلك للتبخر عند ارتفاعها إلى السطح عن طريق مسام التكوينات التي فوقها ، كما أن درجة حرارتها تتغير من فصل الى آخر على حسب درجة حرارة الجو .

ويتباين منسوب سطح هذه المياه من موضع الى آخر على حسب تضاريس سطح الأرض ، ولهذا فان أعماق الآبار التي تحضر فيها قد تزيد على مائة متر في المناطق المرتفعة وتقل عن متر أو مترين في تلك التي تنشق على السطح في مواضع أخرى ، وإذا كانت التكوينات التي تعلوها دقيقة الحبيبات فانها ترتفع تدريجيا إلى أعلى بتأثير الظلمة الشعرية فتصل إلى السطح أو تتداخل في مياه التربة ، وفي هذه الحالة لا يظهر لها سطح محدد ، ونظرا لعدم وجود طبقات صماء فوق هذه المياه فانها توصف بأنها مياه غير محصورة *Unconfined* تميزها لها عن المياه الحقيقية التي توصف بأنها مياه محصورة *Confined* .

المياه الجوفية العميقة :

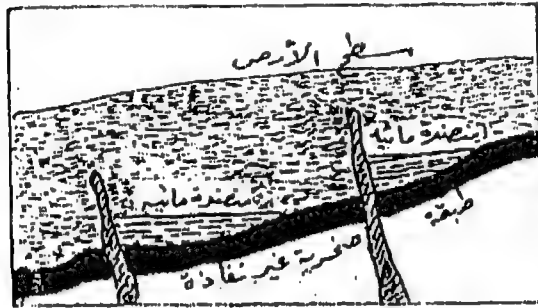
وهي توجد ، كما ذكرنا ، في طبقات غاذية محصورة بين طبقات أخرى غير غاذية ولا تتصل بالجو إلا حينما تظهر مكاشفها على السطح ، وهي المكاشف التي تتغذى من خلالها بمياه الأمطار ، ولهذا فانها توصف بالمياه المحصورة ، وهي لا تدخل في الدورة المائية العامة إلا بصورة محدودة ، وخسوسا اذا كانت طبقاتها على عمق كبير من السطح .

وبخلاف المياه السطحية التي قد تتغير من فصل إلى آخر بسبب ارتباطها المباشر بالاحوال الجوية ، فإن تأثير هذه الاحوال على المياه العميقة لا يظهر إلا على المدى الطويل اذا توقف سقوط المطر على مناطق تغذيتها لفترات طويلة جدا ، إلا اذا زاد معدل ما يستخرج منها عن معدل تغذيتها بواسطة الأمطار التي تسقط عليها ، منطقة التغذية .

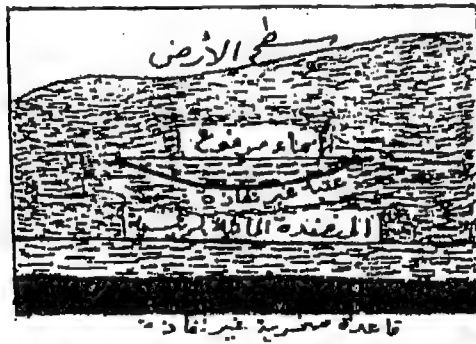
ونظرا لبطء حركة المياه في مسام الصخور فإن رحلتها في الطبقات الطملمسة لها من مناطق التغذية إلى الأماكن البعيدة عنها تستغرق أحيانا بضع مئات أو آلاف من السنين على حسب طول المسافة وسرعة تحرك الماء في الصخر . ولهذا فسان بعض المياه الموجودة في بعض الطبقات قد يرجع تاريخه إلى العصر المطير في أواخر البليستوسين . وبسبب قدم هذه المياه وطول رحلتها في الطبقات الصخرية فإنها تكون عادة أكثر ملوثة من المياه الجوفية السطحية ، أما درجة حرارتها فتكون مساوية لدرجة حرارة الجو ، وهي عادة أدنى وأقل تلوثا من المياه السطحية لأن الأخيرة تتعرض للتلوث عن طريق ما ينقل إليها بواسطة المياه المتسربة من المطبوع من ملوثات صخرية وكيميائية مثل الملوثات التي تحملها مياه الري من الحقول التي تستخدم فيها الأسمدة المعدنية والكيميائية .

منسوب سطح المياه الجوفية (المنزدة المائية) :

يطلق على سطح الطبقات المائية الجوفية في اللغة الانجليزية تعبير *Water Table* أي المنزدة المائية . وتعريفها العلمي هو أنها " هي السطح الذي يحدد منسوب سطح الماء في الآبار التي تمتد ماؤها من طبقة مائية معينة . وتختلف هذه المنزدة في المياه الجوفية السطحية (غير المحصورة) عنه في المياه الجوفية العميقة (المحصورة) ، فبينما يكون سطح المنزدة واضحا ومتصلا وتابعا تقريبا من المياه العميقة ، فإن سطحها في المياه الجوفية السطحية يتوقف على نظام سقوط المطر وانسياب الجبال وعلى تضاريس سطح الأرض . فهي ترتفع وتنخفض تبعاً لشدة الأمطار وقلتها ، كما تكون أكثر ارتفاعا في الأراضي المرتفعة عنها في الأراضي المنخفضة المجاورة لها . ولهذا فإنها لا تمتد غالبا بشكل أفقي . كما أنها لا تكسبون أحيانا بأشعة شمسية ، وهي ما يحدث غالبا في المناطق المكونة من رواسب ناعمة لأن المياه تصل للارتفاع تدريجيا من هذه الرواسب بتأثير الخاصية الشعرية فلا يكون لها نفس هذه الحالة سطح محدد واضح ، بل أنها تتداخل تدريجيا في مياه التربة . وفي بعض أنواع الصخور لا تظهر للمياه الجوفية السطحية منفردة واضحة متصلة . بل تظهر طردا متاخدا محلية على مناسيب مختلفة على حسب مناسيب المواضع التي تتجمع فيها المياه ،



شكل (١١٨) مناحل مائية مخفية:
 (أ) فوق قاعدة منطقة من الصخور النارية والمتحولة.
 (ب) بسبب وجود سدود نارية.



شكل (١١٩) ماء مرفوع (جائف)

كما هي الحال في مناطق الصخور النارية والمتحولة التي تتجمع فيها المياه في فراغات وأحواض منفردة ، وكذلك في مناطق التكوينات الجيرية الكارستية التي توجد مياهها الجوفية في كهوف وسرايب بعضها متصل وبعضها الآخر غير متصل ، وكذلك فسي مناطق الصخور الرسوبية التي تخترقها سدود رأسية (شكل ١١٨) .

وقد يحدث في بعض التراكيب الجيولوجية أن تتكون طبقات مائية محدودة المساحة في مستويات أعلى من مستوى منفردة الطبقة المائية الرئيسية التي تكون عادة غير محصورة ، ويطلق على هذه المياه تعبير المياه المرفوعة أو الجائفة "Perched" وهي توجد عادة في المناطق التي تتخللها عتبات Hills صخرية غير نافذة ومستدة في اتجاه افقى . ففي هذه المناطق تتجمع بعض المياه المتسربة من أعلى فوق هذه العتبات فتتكون منها خزانات صغيرة من المياه الجوفية ، وترتب على هذا أن بعض الآبار تصل إلى هذه الخزانات فتعطى تصريفًا مائيًا يتناسب مع حجم الخزان ، بينما تكون الآبار الأخرى الواقعة خارجها عديمة المياه (شكل ١١٩) .

العلاقة بين التركيب الصخري وتكوين الخزانات المائية الجوفية :

ليست العبارة في المياه الجوفية بوجود الماء في التكوين الصخري وإنما العبارة بإمكانية تحريك هذا الماء في الفراغات الصخرية وصوله إلى العيون والآبار ، وتباين الصخور في هذه الناحية تباينًا كبيرًا ، ولهذا فإن دراسة الفراغات الصخرية *drastres* تعتبر موضوع رئيسي في تقدير القيمة الحقيقية للمياه المخزونة في التكوينات المختلفة .

ويطلق تعبير الخزان المائي الجوفى ، أو التركيب الحامل للماء "Aquifer" على التركيب الصخري النفاذ الذى تسمح فراغاته بتخزين الماء وتحركه ، والمقصود بالفراغات هو كل الفتحات التي توجد في الصخر مهما تباينت أحجامها وأشكالها أو بعماد نشأتها ، فمنها ما تكون أشبه بالحجرات أو الكهوف أو السرايب الكبيرة ، كما هي الحال في الصخور الجيرية الكارستية ، ومنها ما تكون شقوقًا وفوالق غائرة ، كما هي الحال في الصخور النارية والمتحولة ، أو تكون عبارة عن مسام تتراوح في أحجامها بين المسام الكبيرة للصخور الرملية والحصوة والمسام المتناهية الدقة للواد الطينية والصلصالية

يتمتع حجم المسام في الصخور على سطح الصخور وتركيبه --- بالمقصود بالنسيج Texture هو حجم الحبات التي يتكون منها الصخر --- أما تركيبه Structure فيفسد به الطريقة التي تشكلت بها الحبات مع بعضها في وحدات أكبر . وتتأثر درجة نفاذية الصخر بدرجة تناسق نسيجه وثقائه . فالصخر المكون من رمل نقي متناسق يكون مادة أقدر على حمل الماء من نظيره الذي يختلف حباته ببعض الرواسب الأصلية ، لأن هذه الرواسب تدخل في مسامه وتحتل أجزاء كسبان من المسكن أن يحتلها الماء . ولهذا فإن دراسة نسيج الصخر وتركيبه الميكانيكي المبني على أساس النسب المئوية لأحجام الحبات التي يتكون منها ترتبط ارتباطاً وثيقاً بدراسة فراغاته . وتحليل التركيب الميكانيكي لعدة آلاف من عينات التربة فسي الولايات المتحدة قسمت المواد الصخرية على أساس قطر حباتها بالمليترات إلى خمس الأنواع التالية (١) :

النسب	قطر الحبات بالمليترات
حصى صغير	١ - ٢
رمل خشن	٠,٥ - ١
رمل متوسط	٠,٢٥ - ٠,٥
رمل ناعم	٠,١ - ٠,٢٥
رمل شديد النعومة	٠,٠٥ - ٠,١
طمي	٠,٠٠٥ - ٠,٠٥
صلصال	أقل من ٠,٠٠٥

وعلى الرغم من أن فراغات الصخور ترتبط عادة بنسيجها وتركيبها ، فإن هذه الفراغات تتباين في أنواعها وأشكالها تجلياً كبيراً ، وهي تقسم عموماً على أساس نشأتها إلى نوعين كبيرين هما : أ - فراغات أصلية في الصخر ، وهي التي تتكون

(1) Hixey, F., "A Practical Handbook of Water Supply", and Co., London, 1950.

منه أثناء نشأته الأولى ، وأهمها السام التي توجد بين حبات الصخور الرسوبية ،
بـهراغات تالية أو ثانوية Simon ١٩١٧ وهي التي تتكون في مراحل تالية
نتيجة له وأمل جيولوجية أو مناخية أو حوية مثل الشقوق والفوالق والكهوف والمراديب
التي تشق عن الذوبان أو التبريد أو التمدد والفراغات التي تحدثها الحيوانات
المفترسة وجذور النباتات .

ويوصف الصخر بأنه غائر Porosity إذا كان قادرا على تخزين
الماء بالسماح له بالحركة ، وبغير غائر Impermeable إذا لم يكن يسمح
بحركة الماء خلاله . وهذا يعبران تفرق بين مسامية الصخر Porosity
ونفاذية ، فالسامية هي السعة الكلية لمجموع الفراغات التي بداخله ، وهي تحدد
على أساس النسبة المئوية لمجموع ما تشغله هذه الفراغات من حجم الصخر (١) .

ولم يعم القدر بينها وبين النفاذية نذكر على سبيل المثال أن الصخور
الطرية توصف غالبا بعدم النفاذية بينما تصنف الصخور الرملية بالنفاذية مع العلم
بأن مسامية الأولى أكبر بكثير من مسامية الثانية . وتعليل هذا هو أنه على الرغم من
أن نسبة المسامية هي التي تحدد كمية الماء التي يمكن أن يحملها الصخر حتى يتشبع
بالماء ، فإن هذا لا يحمي أن كل الماء الموجود في مسامه يمكنه أن يتحرك بسهولة تسمح
باستخدامه أو بمساهمته في الدورة المائية ، لأن هذا التحرك لا يحدث إلا إذا كانت
المسام كبيرة بدرجة تسمح بترك بعض الماء غير ملتصق الصفاق شديدا جدا بجدران
المسام ، كما هي الحال في التكوينات الصلصالية التي يكون كل ما بها من ماء ملتصقا
الصفاقا بحدود مسامها فلا يمكنه أن يتحرك تحت الضغط العادي ، وإن كان
من الممكن أن يتحرك إذا تعرض الصخر لضغط أشد (٢) .

وتتراوح المسامية في المواد الصخرية بين ٨٠ و ٩٠ ٪ في المواد الصلصالية
الطينية وأقل من ١ ٪ في الصخور الطرية والمتحولة . وقد تنخفض إلى الصفر
في الصخور الرملية الموجودة تحت القشرة أو في أجزائها العميقة حيث تتعرض هذه

(1) Lvovich, 1960, p. 111.

(2) Ward, R.C., "Principles of hydrology", McGraw-Hill, 1947,
PP. 230-302.

المخزور للضغط والحرارة المديدين بدرجة لا تسمح بها أي فراغات بها .

حركة المياه الجوفية :

تتدرج المخزور في مقدرتها على السماح للماء بالحركة من مخزور شديد مسددة النفاذية تسمح فراغاتها بتكوين خزانات مائية تتحرك فيها المياه بسهولة مثل المخزور الرمائية ويطلق عليها تعبير *Aquifera* إلى مخزور ضعيفة النفاذية يمكنها أن تختزن الماء ولكنها لا تسمح بحركته إلا بصعوبة شديدة مثل المخزور الطينية وطابق عليها تعبير *Aquicludes* ، وأخيرا إلى مخزور عديمة النفاذية لا يمكنها أن تختزن الماء أو تسمح بحركته مثل المخزور النارية والمتحولة . ويطلق عليها تعبير *aquifuge* وهذا بغض النظر عن القواصل والشقوق التي توجد في هذه المخزور والتي يمكن أن تمتلئ بكميات من الماء تكفي للاستغلال ، فهذه القواصل والشقوق تدخل ضمن الخزانات المائية *Aquifer* .

وتتباين سرعة حركة المياه الجوفية في مسام المخزور على حسب درجة نفاذيتها ، واتصال مسامها وفراغاتها ببعضها ، ودرجة ميل الطبقة الحاوية لها . فكلما كان نسيج الصخر دقيقا قلت سرعة حركة الماء خلاله حتى أنها قد لا تزيد عن جزء صغير من المليمتر في اليوم . وعلى العكس من ذلك فأنها قد تصل في بعض الصخور ذات الفراغات الكبيرة والمتصلة ببعضها مثل فراغات الصخور الطباشيرية إلى عدة آلاف من الأمتار في اليوم ، إلا أن السرعة قد تتغير كثيرا من مكان إلى آخر تبعا لتغير التركيب الصخري ، وكمية المياه المتحركة .

وكما هو الحال بالنسبة للمياه السطحية فإن المياه الجوفية تميل إلى اتباع خطوط الضعف في التركيب الصخري حيث تقل المقاومة ، ولهذا فإن حركتها تتجه عادة إلى الفراغات الكبيرة المتصلة ببعضها .

ومن المهم جدا تحديد اتجاه حركة المياه الجوفية وقياس سرعتها حتى يمكن تحديد مناطق تغذيتها وتحديد الكميات التي يمكن أن تتغذى بها الطبقة الحاملة لها ، وتحديد المدة اللازمة لوصولها إلى مناطق استخراجها ، وتحديد الكميات

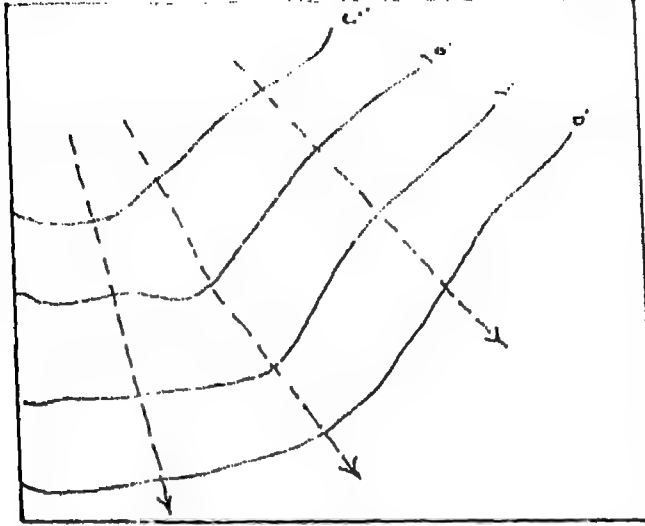
التي يمكن استخراجها دون أن ينخفض منسوب الدافقة المائية أكثر مما يجب أو تتأثر
بدرجة ما فيها فتزداد ما وجدتها . وهذا يتطلب دراسته بدقة وبملاحظة للظروف المناخية
ومظاهر السطح ، وبملاحظة التوزيع المائي السطحي والتركيب الجيولوجي والغطائي
الناتج في مناطق التعداد .

وكثيرا ما تكون حركة المياه في التكوينات الحاملة لها طائفة بدرجة يصعب
رسمها تحديد اتجاهها ، ومعتمدا على ملاحظات الدراسات وملاحظات دقيقة خلال فترة طويلة .
وعلى العكس من ذلك قد تتدفق المياه الجوفية في بعض التكوينات بقوة لاتقل عن قوة
تدفق المياه السطحية الهادرة ، حتى انها كثيرا ما تتدفق بشكل مائلات تحت الأرض ،
او على جوانب الجبال في نهاية المجرى السفلية . وتكثر هذه الظاهرة بصورة خاصة
في مناطق الدلتا والكثبان الرملية ، وفي كل الحالات فان المياه الجوفية تنفخ فـي
حركتها القوة الجاذبية ، شأنها في ذلك شأن المياه السطحية ، اي أنها تيسل
دائما للانحدار في نفس اتجاه انحدار الطبقات الحاملة لها ، وهو نفس اتجاه
انحدار المنضدة المائية (١) .

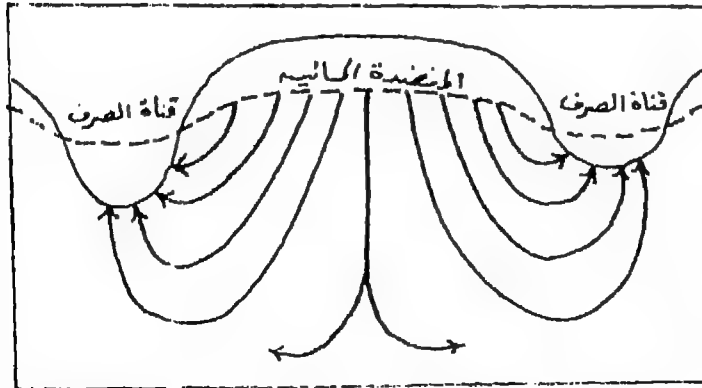
ومن الممكن توضيح اتجاه انحدار المنضدة المائية بالخطوط الكنتورية ، وعلى
الرغم من أن المياه تنحدر عموما مع انحدار هذه المنضدة فان الحركة العامة للمياه
العمامة تكون غالبا افقية أو قريبة من الافقية . وفي حالة المياه الجوفية غير المحصورة
فإنها تكون قريبة من الافقية ، يكون اتجاه حركتها متقاطعا مع الخطوط الكنتورية بزوايا قائمة
تقريبا (شكل ١٦٠) .

وبالإضافة الى الحركة الافقية العامة للمياه فقد تظهر بها كذلك بعض
الحركات الرأسية في ظروف خاصة ، مثل انحدارها تحت السطح من اراض مرتفعة نحو
المنخفضات أو الوديان المجاورة ، او انحدارها من تحت سطح الحقول الزراعية
المرتفعة نحو القنوات والسارف التي تخترقها . ففي مثل هذه الظروف يتحرك الماء أولا
الى أسفل تحت الأرض المرتفعة قبل ان يعود للارتفاع مرة اخرى في القناتات او
المنخفضات حتى يصل الى منضدتها المائية (شكل ١٦١) وشمل هذا يحدث كذلك

(1) Ward, R.C., Ibid.



شكل (١٢٠) اتجاه حركة المياه الجوفية عموديا على الخطوط
الكتورية الموضحة لها



شكل (١٢١) طريقة انتقال المياه الجوفية من ارض مرتفعة الى قنطرة
او ارض منخفضة بجوارها

الحاضر . وأهم صفات هذا الماء هي ان الطبقة الحاملة له تكون واقعة تحت المقسمة غير نافذة تحول دون اتصالها بالجو . ويكون حد رتمه يمتديتها واقعا في شذوذة مرتفعة مما يؤدي الى زيادة الضغط المائي فيها ، ولهذا السبب فان ماءها يندفع الى أعلى بمجرد أن يذو الضغط الواقع عليه سوا . بسبب الحركات الأرضية او حركات الآسار . فعندئذ يندفع الماء الى أعلى حتى يصل الى المستوى الذي يتوازن فيه مع منسوب المنفعة المائية في منطقة التغذية حيث يكون هذا المنسوب في أعلى وضع لسه . وقد يصل الماء النذفع الى سطح الأرض حيث ينساب تلقائيا أو يرتفع بشكل نافذورة للوصول الى المستوى المعادل لمنسوب أعلى نقطة في المنفعة . ويطلق على هذا المنسوب علما تعبير " المستوى البيزومتري " Barometric level . إلا أن الماء المرتفعة لاتستطيع الوصول عادة الى هذا المستوى تماما لسببين هما :

(١) بطء حركة الماء في فراغات وسام اغلب الصخور ، (٢) طول الرحلة التي لابد ان يقطعها الماء خلال الصخور من منطقة التغذية الى مكان البئر . وقد يبلغ طول هذه الرحلة احيانا بضعة آلاف من الكيلومترات .

والفكل الغالب في التراكيب الارتوائية هو التركيب الحوضي ، السذي تمتد الطبقة الحاملة للماء به بشكل حوض منخفض يتغذى من مناطق مرتفعة واقعة على جانب او اكثر من جوانبه (شكل ١٢٢) .

والى جانب هذا التركيب تظهر التراكيب الارتوائية بأشكال اخرى في مناطق ذات اشكال تضارسية وتراكيب جيولوجية خاصة (شكل ١٢٣) ومن اهمها : (١) مناطق الكتبان الرملية الثابتة حيث توجد المياه الارتوائية احيانا في المنخفضات المحصورة بين الكتبان . (٢) المناطق التي توجد بها صدوع طولية ، وعموصا في تكوينات الصخور النارية (٣) المنخفضات الصحراوية الواقعة قرب مناطق مرتفعة تتغذى منها الطبقات المائية المتدعة تحت هذه المنخفضات . وكذلك ما يمكن عوامل التعرية من تعميق هذه المنخفضات حتى تتكشف المنفعة المائية . فتظهر بشكل بحيرة يتوقف دواؤها على بقا منسوب الطبقة المائية فوق سطح الأرض .

الميون : Spring

المقصود بالميون هو الفتحات التي يخرج منها الماء الجوفي تلقائياً إلى السطح . وهي تظهر عادة في المواضع التي تتقابل عندها المندبة المائية مع سطح الأرض ، وكذلك في التراكيب الانزياحية إذا وجد الماء المحصور مثقلاً له إلى السطح . وتظهر الميون بأشكال متعددة جداً بحيث يصعب وضع تصنيف دقيق لها ، ومع ذلك يمكننا أن نقتبس هنا التصنيف الذي وضعه لها بريان (Bryan) في ١٩١٩ (١) . حيث قسمها إلى نوعين رئيسيين :

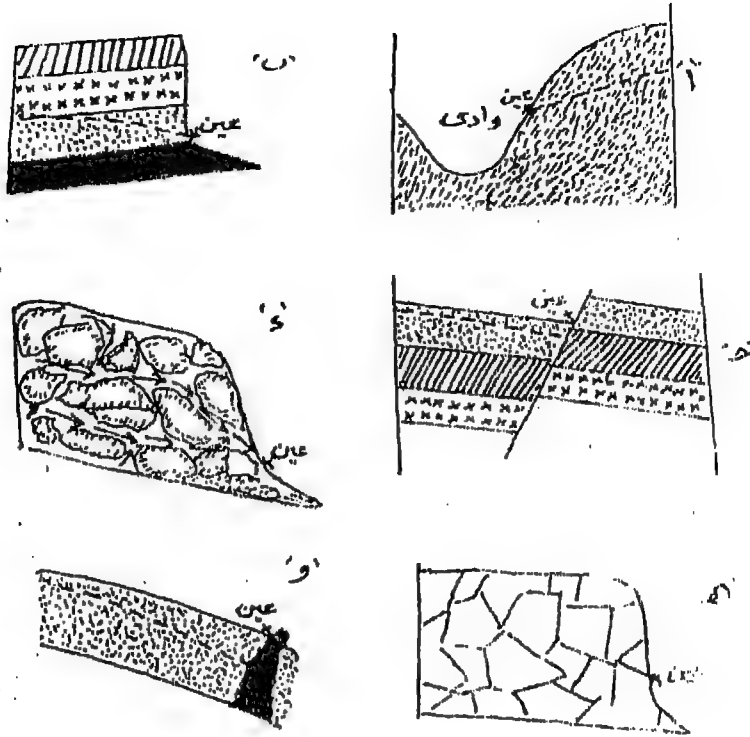
- ١ - نوع يظهر نتيجة لتأثير قوة الجاذبية على المياه الجوفية .
- ٢ - نوع مرتبط بالنشاط البركاني أو بالصدوع المتعمقة في القشرة . وتكون مياه هذا النوع غالباً حارة .

والنوع الأول من الميون هو النوع الرئيسي الذي يستغل في مختلف جهات العالم على نطاق واسع . ويمكن أن تدخل فيه الميون الانزياحية ، فعلى الرغم من أن مياهها تبدو مندفعة نحو الجاذبية إلا أن العامل الأساسي في ظهورها هو انحدار المياه بفعل الجاذبية من منطقة التغذية المرتفعة إلى الطبقة الحاملة للماء ثم انحدارها إلى الحوض الذي تنبتق فيه الميون .

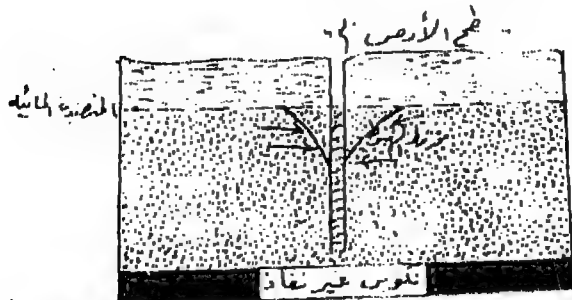
ويرتبط ظهور ميون الجاذبية بأشكال تضاريسية وجيولوجية متنوعة ، ولكنها تشترك في أن مياهها يخرج إلى السطح في كل الحالات بتأثير قوة الجاذبية ما يؤدي إلى ظهور الميون في أكثر أجزاء المندبة المائية انخفاضاً ، كما يتبين من الأمثلة الآتية (شكل ١٢٤) :

- أ - على جوانب الوديان أو المنخفضات .
- ب - عند قاعدة الحافات الصخرية الطباشيرية .
- ج - على امتداد سطح أحد الصدوع إذا أدى إلى حلول طبقة غير نفاذة محل امتداد الطبقة النفاذة على أحد جانبيه ، بشكل يؤدي إلى وقف الحركة الأفقية للماء .

(1) Bryan, K., Classification of Springs, Jour. of Geology, Vol. 27, 1919, pp. 522-561.



شكل (١٢٤) أمثلة لميرون الجاذبية ، (أ) على جانب أحد الوديان ،
 (ب) عند قاعدة إحدى الحافات ، (ج) في أعلى صدع من الصدوع
 (د) في منطقة كارستية (هـ) في منطقة كثيرة الشقوق والفواصل .
 (و) في جانب أحد الصدود النارية .



شكل (١٢٥) مخروط السهوط الذي يتكون عند سحب الماء بسرعة من أحد
 ١٧١

- د - حيثما تكثر الكهوف والحدارى السفلية وغيرها من المظاهر التى تنتج عن الذوبان فى مناطق المخور الجيرية ويتمثل بعضها بـ
- هـ - حيثما تكثر الشقوق بالمقابل ويتمثل بعضها بحفر فى مناطق الصخور النارية والمتحولة .
- و - حيث تقذف كتلة نارية مندفعة فى طريق الطبقة الحاملة للماء .

والمعروف أن الماء يتدفق من بعض الميوس بدون انقطاع بينما يكون خروجه منقطعا أو مقصورا على فصل معين من عيون أخرى ^(١) ومن الواضح أن تصريف أى عين من الميوس يرتبط ارتباطا مباشرا بالتأثير الذى يحد منها ، وبالمصدر الذى يحد منها ، التكوين ، فالميوس التى تنشق من تكوينات تستمد مياهها من مراد رداثة الميونة مثل إحدى المناطق غزيرة الماء أو أحد الانهار القريبة يكون تصريفها دائما ، بينما يكون تصريف الميوس المنبثقة من تراكبات حصوية عريضة منقطعا ، حتى أنه لا يحدث إلا بعد سقوط المطر ، ولا يستمر إلا لفترات محدودة .

ميزانية استخراج الماء من الآبار :

فى حالة استخراج الماء من الآبار فإن الأمر يتطلب معرفة ظروف الطبقة الحاملة له ، من حيث سمكها وطاقتها وإمكانات إعطائه تغذيتها لتقدير المعدلات التى يمكن أن تسحب منها وعدد الآبار التى يمكن أن تحفر فيها ، فالطبقات الجوفية السطحية فى قيعان الوديان والسهول الفيضية والمناطق الساحلية تكون عادة رقيقة وتكون احتمالات إعطائه تغذيتها فى فصل الجفاف ضعيفة أو معدومة ، كما أن تسرب الماء نحو الآبار قد لا يكون قادرا على تعويض ما يسحب منها إذا زاد معدل السحب عن حد معين ، أو استخدمت فى عمليات السحب ضخ قوية - وفى المناطق الساحلية بالذات تكون طبقة المياه الحلوة مرتكزة غالبا على طبقة من مياه البحر المالحة ، ولهذا فإن زيادة سرعة السحب عن حد معين يترتب عليها ارتفاع المياه المالحة لتحل محل المياه الحلوة فى الآبار ، ويكون من الصعب إعطاء الوضع الذى

(١) Annley, R. L. & Kohler, M. A. " Applied Hydrology ", New York, 1949.

ماكس عليه ١٠٠ بعد أن يتوقف السحب لفترة طويلة ، وقد يحتاج الأمر إلى تغذية الآبار بالمياه الجوفية ، ناعياً للمساعدة على دفع المياه المالحة وإزالة الجص إلى ما كان عليه . ويختلف الحال عن ذلك بعض الشيء بالنسبة لاستغلال مياه الخزانات الجوفية التي تعتمد مائها من مناطق تغذية مضمونة ، وقد لوحظ أنه عند سحب الماء من أحد الآبار المحفورة في إحدى هذه الطبقات أن هذا السحب يؤدي إلى هبوط منسوب الماء من البئر وحوله مباشرة ، فيتكون نتيجة لذلك مخروط أو قمع يطلق عليه اسم مخروط (أو قمع) الهبوط المائي *Cone of depression* أو *Bunnel depression* . وكلما امتد انحدار جوانب هذا المخروط زادت سرعة انسياب المياه إلى البئر من الجوانب فيزداد بالتالي تصريفه (شكل ١٢٥) . ومعنى هذا أن الحصول على أكبر تصريف للبئر في مثل هذه الحالة يتطلب الإسراع بسحب الماء منه في بداية الأمر حتى يتكون له مخروط مائي معقول ، إلا أن هذه السرعة يجب ألا تستمر لفترة طويلة ، خصوصاً إذا تم السحب من عدة آبار في وقت واحد ، لأن مثل هذا السحب قد يؤدي إلى هبوط منسوب كل المنفذة المائية فيقل تصريفها .

ومن الممكن تقدير كمية المياه التي تتجدد سنوياً في التراكيب الأجزاء المسن طريق المراقبة المستمرة للكيمات التي تسحب منها ، وبإطرأ على منسوب منفذتها المائية من تغيير من وقت إلى آخر . ومن هذه المراقبة يمكن حساب معدلات إعادة تغذيتها ، فإن سطح المنفذة ثابتاً لسنوات عديدة فإن هذا يدل على أن الكميات المستخرجة منها تتعادل مع الكميات التي تغذى إليها بإعادة التغذية ، أما إن طرأ عليها هبوط مستمر ، فمن هذا أن إعادة التغذية لا تكفي لتعويض المياه المستخرجة ، وفي هذا «دائرة على طاقة الخزان المائي» ، لإعادة رفع المنفذة المائية إلى مستواها الأول ، بعد هبوط منسوبها ، بحركة المياه المتسربة إليه ، وتبرز هذه المشكلة بصفة خاصة في المناطق التي تنفذ منسقاتها المائية من مناطق مطرها قليل أو غير منظم ، وقد لا بد من الضرورة من جمع الأحيان إعادة تغذية الطبقة الحاملة للماء منها من طريق حفر آبار أو بالطعن تعاد بواسطة المياه الضائعة إلى هذه الطبقة ، وتعرف هذه الآبار باسم آبار التغذية ، إلا أن هذه الطريقة تؤدي غالباً إلى زيادة الملوثات

ولا بد من التنبيه الى أن التوسع الحضري في مناطق التغذية له بعض الآثار السلبية على إعادة تغذية المياه الجوفية ، سواء من حيث كمية أو درجة ملوحتها ، لأن مساحات كبيرة من هذه المناطق تغطى بأسطح غير نفاذة من أهمها مناطق السجج المائي والشوارع والطرق بالملاعب واليادين ، فبالإضافة إلى هذه التغيرات قد قلت من إمكانات تغذية المياه الجوفية ، وحتى مع العلم بأن كثيرا من مياه المدن توجه إلى البالوعات والمجارى فإن هذه المياه تكون شديدة التلوث ، ولذا تسرب بعضها إلى طبقات المياه الجوفية فإنه يؤدي إلى تلوثها .

وربما يمكن معالجه هذه الآثار السلبية بإعادة توجيه المياه السطحية في منطقة التغذية إلى أحواض خضراء تسمح أراضيها بتسربها نحو الطبقة الجوفية أو بالإكثار من حفر آبار خضراء لإعادة التغذية في الأماكن الملائمة .

نوعية المياه الجوفية :

المقصود بنوعية المياه هو حالتها من حيث الطعم واللون ودرجة الحموضة ودرجة الحفونة والمحتوى البيولوجي والكيميائي ، وكلها أمور لا بد من بحثها لمعرفة مدى صلاحية الماء للشرب أو للري أو الصناعة أو الأغراض المنزلية ، والمعروف عموما أن نسبة الملوحة والمواد المعدنية تكون أعلى في المياه الجوفية منها في المياه السطحية ، ومع ذلك فإن المياه الجوفية تتباين فيما بينها تباينا كبيرا حتى في نفس المنطقة ، فبعض الأماكن المتقاربة في بعض الأحيان ، بسبب التباين في التراكيب الصخرية التي توجد فيها أو تترسبها ، أو بسبب تباين أعماقها أو الأعماق التي توجد فيها ، والمعتمد على أن تكون المواد الملحية والمعدنية الذائبة في مياه المخور الرملية الكوارتزية أقل منها في مياه التكوينات الجيرية ، لأن الكوارتز معدن ثابت لا يتحلل بالذوبان أو بأي عامل آخر من عوامل التجوية بينما يذوب الجير في الماء المحمل ببعض ثاني أكسيد الكربون .

وكما كانت حركة المياه بطيئة زادت نسبة ما تحتويه من مواد ملحية ومعده هيسية ذائبة . وكما زاد عمق التكوينات الحاملة للماء في القشرة زادت نسبة المواد الذائبة بها ، فإذا زاد العمق عن ١٥٠٠ متر لا يكون هناك احتمال كبير لوجود ماء ذو نسبة

سالمية التربة أو الميعة لأن المياه التي قد توجد على هذه الأعماق تكون عادة شديدة الملوحة ، ودرجة أر. معدل ملاحظتها يكون أضعاف المعدل المعروف لمياه البحسار والمحيطات ، وهو ٢٥ جزء من الألف .

وتتزايد الملوحة كذلك كلما طالت رحلة المياه خلال الصخور من مناطق التغذية إلى مناطق الاستهلاك ، وتكون الملوحة غالباً أعلى في الأقاليم الأتية منها في الأقاليم الرطبة ، لأن نشاط عملية تبخر مياه التربة وطبقة المياه السطحية في الأقاليم الجافة يؤدي إلى تركيز الملوحة في التربة وعلى سطحها نتيجة لارتفاع المياه بقوة الخاصصة الشعرية ثم تبخرها على السطح ، ولهذا فإن ماء المطر يحمل معه عند تسربه في القشرة بعض الأملاح التي تختلط بالمياه الجوفية ، ومع ذلك فقد توجد المياه الحلوة في بعض المناطق المتفرقة تحت الوديان والمنخفضات التي تتجمع فيها مياه الأمطار ، حيث يتسرب بعض هذه المياه من القاع قبل أن يتحمل بالأملاح ، وتتكون منها عدسات كبيرة من المياه الحلوة التي تتميز بعمق وشبها ، وهي ظاهرة مألوفة في الأقاليم الجافة حيث تظهر تحت قاع بعض الوديان وبعض المنخفضات التي تتجمع فيها المياه المنحدرة على السطح .

ومما يفسر به درجة الحرارة بأن المياه الجوفية تختلف عن المياه السطحية فسيكون درجة حرارتها لا تتغير من يوم إلى آخر أو من شهر إلى آخر وكلما زاد بعد الطبقة المائية عما من السطح كانت درجة حرارة مياهها ثابتة ، ولكنها قد تختلف من مكان إلى آخر على حسب درجة الحرارة التكوينية التي تحتويها ، والظروف المحلية للمنطقة ، فبمناطق وجودها ، فقد يكون بعضها شديد البرودة لدرجة التجمد ، كما هي الحال بالنسبة للمياه الجوفية الموجودة في مناطق التربة المتجمدة في الأقاليم الباردة ، كما يكون بعضها حاراً إلى درجة الغليان تقريباً ، كما تدل على ذلك مياه العيون الساخنة المعروفة ، وليس هناك سبب واحد يفسر عليه لحرارة المياه الجوفية إلا أن الأسباب المحتملة لها هي : ١ - التزايد المعتاد للحرارة كلما ازداد العمق ، ٢ - بلاستيكية المياه لمادة جوفية شديدة الحرارة من نوع الماجما ، وهذا ان المباني هنا أكثر من اليابس ، وإلى جانبها توجد آبار أخرى محتلة ولكن ليس هناك اتفاق عليها ، ٣ - احتوائها على سوائل التي ينتج عن عمليات التصدع أو الذي يحدث نتيجة لبعض التفاعلات الكيميائية أو الذي تحدثه بعض العناصر المشعة .

وفد ذلك بعض المدخلات في الولايات المتحدة على أن درجة حرارة المياه الدوئية في الأنهار التي تتراوح بين ١٠ و ٣٠ مترًا أعلى من درجة أو درجة مئوية مئويتين عن المعدل السنوي لدرجة حرارة الهواء في منطقتها وأنها تكون نتيجة لذلك أدفأ نوطًا من هذا الهواء في الشتاء وأبرد نوطًا ما في الصيف (١).

انصراف المياه الجوفية إلى البحار والمحيطات :

قد يبدو أن المياه الجوفية ، وخصوصا المياه المحصورة ، غير هامة الهمة بالجو منا بوحى بعدم مساهمتها مساهمة كبيرة في الدورة المائية العامة Hydrological Cycle ، ولكن الواقع أننا لو نظرنا إلى المياه الجوفية عميقا نجد أنها ترتبط ارتباطا قويا بهذه الدورة وتساهم فيها بنصيب كبير جدا ، وذلك لأن أغلبها يتحرك باستمرار نحو البحار والمحيطات ، سواء من خلال التكوينات الصخرية أو عن طريق الانهار ، أو بالانحدار المباشر بعد انبثاقها إلى السطح ، وذلك بالإضافة إلى ما يصل منها إلى السطح سواء بالرشح أو عن طريق العيون والآبار ، ثم ينطلق بعد ذلك إلى الجو بالتبخير .

وتمثل الأنهار الطرق الرئيسية لانصراف المياه الجوفية إلى البحار والمحيطات في معظم جهات العالم . فقد دلت القياسات المائية لكثير من الأنهار على أن نسبة كبيرة من تصريفها مصدرها المياه الجوفية التي تصل إليها بالرشح أو عن طريق العيون التي تنبثق في قيعانها ، أو من جوانبها ، أو نتيجة لتقاطع قيعانها في بعض المواضع مع المنحدر المائية . ويطلق على المياه الجوفية التي تصل إلى الأنهار بهذه الطرق تعبير " انصباب القاعدة " (أو جريان القاعدة) Base Flow " ومعتبر هذا الجريان عاملا رئيسيا في تنظيم جريان كثير من الأنهار ، لأنه يساعد على استمراره حتى في موسم انقطاع المطر ، ولهذا فإن بعض الكتاب يطلقون عليه تعبير " جريان الجو الجفاف " (dry weather flow) (٢) . وقد يكون مصدر مياه هذا الجريان قريبا من النهر .

(١) " The Hydrology of the United States " ١٩٥٩.

(٢) " The Hydrology of the United States " ١٩٥٩.

(٣) " The Hydrology of the United States " ١٩٥٩.

أو بعيدا عنه على حسب بعد المنطقة التي تتغذى منها الطبقة الحاملة للمياه ، ولهذا فإن وصولها إلى النهر قد يستغرق في بعض المناطق بضعة أيام بينما يستغرق في بعضها الآخر عدة أسابيع أو أشهر ، بل وربما عدة سنوات ، ولكن مجرد وصولها إلى النهر فإن انسيابها يحد مستمرا بانتظام طالما بقي الخزان المائي الذي تأتسى منه محافظا على منسوبه .

فمن الدراسات الهيدرولوجية التي أجريت على نهر مسوري مثلا ، عند مدينة أوماها في نبراسكا من أكتوبر ١٩٤٠ إلى سبتمبر ١٩٤٢ ، تبين أن هذا النهر ، وهو أكبر روافد نهر الميسيسيبي ، يعتمد في جريانه الشتوي بصفة أساسية على انسياب القاعدة ، وذلك بسبب قلة الأمطار وتحد الثروة . ويكون هذا الانسياب محدودا في أول الأمر ، ولكن يتزايد بسرعة حتى يصل في أوائل الصيف إلى ٥٧٠ مترا مكعبا في الثانية نتيجة لإعادة تغذية الطبقة الحاملة للماء بالمياه الناتجة من انسياب الثلوج أو سقوط الأمطار^(١) .

كما تبين من الدراسات التي أجريت على بحر قزوين أن الكمية الكلية للمياه التي تصله من اليابس المحيط به تبلغ ٣٠٠ كم^٣ سنويا ، وأن المياه الجوفية التي تصله عن طريق الأنهار تمثل وحدها ٤٠% من هذه الكمية ، أي ١٢٠ كم^٣ وأن ٢٠% الأخرى مصدرها المياه الجوفية التي تنحدر إليه مباشرة من الجبال المشرفة عليه^(٢) .

وفد سجلت ملاحظات مشابهة لذلك تقريبا على المياه التي تنحدر عبر الأراضي الهولندية نحو بحر الشمال ، حيث تبين أن معظم هذه المياه تمل إلى البحر عن طريق الأنهار وخصوصا نهر الرين . وتبدو أهمية المياه الجوفية في جريان الأنهار كبيرة بدور أوضح في الأقاليم الجافة ، حتى أن كثيرا من البحار الدهرية تعتمد عليها اعتمادا كليا تقريبا . وشمال ذلك بعض الأنهار التي توجد حول مرتفعات أواسط آسيا ، حيث تتعرب مياه الأمطار والثلوج المنصهرة في التكوينات الرسوبية السمكية المترتبة عند سفوح المرتفعات لتمود فتتدفق منها بشكل أنهار منتظمة الجريان ، وتشتهر هذه

(1) Strahler, A. " Physical Geography, " .Y., 1975.
4th ed., pp. 14-236.

(2) Lvovian, M., op.cit.

الانهار في اسيا باسم (Himalayas) الى الماء الأسود (١) . ومن هنا
يقال عن بعض الانهار التي تعتمد ماؤها من المياه المنجمه من كهوف وجراديس
التكوينات الكارستية .

أما المياه الجوفية التي تنصرف إلى البحار بالأحبار المائية ، فعلى الرغم
من كبر كمياتها فإنها اقل بكثير من كميات المياه التي تصل إليها بواسطة الانهار .
ومن اوضح الامثلة للانحدار المائى مياه العيون الكثيرة التي تنحدر على السواحل
الغربية لجبال روكى وجبال الانديز نحو المحيط الهادى ، ومياه العيون التي تنحدر
نحو البحر الأسود من جبال القوقاز ، والتي تنحدر على المنحدرات الساحلية لجبال
اللبالدينارية في يوغوسلافيا نحو البحر الادرياتي (٢) .

أما انصراف المياه الجوفية إلى البحر تحت سطح القشرة فيتوقف على عوامل
كثيرة أهمها ، كمية المياه نفسها ، فإن كانت كبيرة فقد تسبب نحو البحر كميات
كبيرة ، وقد تنبثق بشكل عيون تحت مياهه الساحلية ، أما إن كانت قليلة فقد
لا يصل منها شئ إلى البحر ، وخصوصا إذا تعرضت للاستهلاك حيث أنها سرعان ما
تستنفد وتحل محلها مياه البحر المالحة التي تتسرب نحو اليابس . وتعالج هذه
الحالة أحيانا بدفع المياه العذبة في الآبار من أعلى ، تدفع المياه المالحة
وتفسح المجال لعودة تسرب الماء العذب .

(١) انظر الفصل ١٠ من كتاب

(٢) انظر الفصل ١٠

الماء الجوفية في المناطق الكارستية

المقصود بالمناطق الكارستية هي المناطق التي تتكون من صخور جيرية قابلة للذوبان في الماء المحمل ببعض ثاني أكسيد الكربون ، والتي تكثر بها الظواهرات السطحية والجوفية التي تنتج من تضافر عمليات التجوية الكيميائية الناتجة عن الذوبان وعمليات النحت الناتجة عن جريان الماء على السطح وفي فراغات الصخور ، ويطلق على هذه الظواهرات تعبير الظواهرات الكارستية نسبة إلى منطقة " كارست " Carst من غرب يوجوسلافيا ، وهي أول منطقة درست فيها هذه الظواهرات وتوجد غيرها في مناطق كارستية كثيرة منتشرة في مناطق الصخور الجيرية في العالم .

ولا توجد الظواهرات الكارستية في كل مناطق الصخور الجيرية لأن تكوينها يتوقف على نوعية هذه الصخور وعلى قابليتها للذوبان ، وعلى كثرة الأمطار الماطية . فمن الصخور الجيرية ما يذوب بسهولة في الماء الحامل لثاني أكسيد الكربون مشكلا للكهوف وغيرها ، وهو شديد الصلابة ولا يسهل ذوبانه مثل الدولوميت ، والنسوج الأول هو النوع الثاني لذلك هي هذه الظواهرات ، أما النوع الثاني فغير ملائم لها . ومن الواضح أن كثرة الأمطار تلعب دورا رئيسيا في تكوينها لأن ماء المطر هو المسئول عن عملية الإذابة ومن عمليات النحت المائي . ولهذا فإن هذه الظواهرات لا توجد في المناطق الجافة إلا في حالة ما إذا كانت هذه المناطق قد مرت بمسماترات مطيرة في عصور سابقة .

وساعد على تجمع الماء الجوفية في فراغات الصخور الجيرية أن تكون هذه الصخور مركزة على تكوينات غير نفذة حتى لا تتسرب مياهها إلى تكوينات أخرى أسفل منها .

أهم الظواهرات الكارستية :

يمكن تقسيم هذه الظواهرات إلى قسمين أحدهما يوجد على السطح ، وينسبها يوجد الثاني على أعماق مختلفة في داخل الصخره مع ملاحظة أن الظواهر السطحية والظواهر الجوفية تكون غالبا متصلة ببعضها .

نما النظر إلى سطح المناطق الكارستية يلاحظ أنه مزق بواسطة " الباهيات " المسببة والحفر الأخرى المتروكة والشقوق والفوالق . وتوجد بينها جميعا التسويات وبروزات كثيرة ناتجة لها حافات حادة في بعض الأحيان .

" والبالوطات " Sink holes هي أهم الظواهر الكارستية التي توجد على السطح والتي تتعمق في نفس الوقت في جوف الصخور . وهي عبارة عن منخفضات حوضية متعمقة في الصخور بواسطة قنوات رأسية تقريبا ، بحيث تكون البالوة أشبه بالقمع الضخم وقد تصل قنواتها الرأسية إلى أعماق تزيد على العشرات من الأمتار حتى تصل بالأنهار السفلية والكهوف ، أما فتحاتها السطحية فيختلف اتساعها من بضعة أمتار إلى بضعة مئات من الأمتار المربعة . وفي المناطق الكارستية الناضجة يكون السطح غالبا مقطعا بعدد كبير من البالوطات المتباينة الأحجام ، حيث أن عددها قد يصل إلى عدة مئات في الكيلومتر المربع . وكثيرا ما يؤدي استمرار عمليات التجوية والنحت إلى اتصال بعض البالوطات المتجاورة ببعضها فتكون منها أحواض ضخمة .

والعامل الرئيس الذي يؤدي إلى تكون معظم البالوطات هو عامل التجوية الكيميائية الناتجة من ذوبان الصخور الجيرية في الماء ، إلا أن بعضها قد يتكون كذلك نتيجة لانسياب الصخور التي تتركز على الكهوف الداخلية ، ويطلق على البالوطات التي تتكون نتيجة للتجوية الكيميائية وحدها اسم " الدولينات " dolines البالوطات التي تلمب الانسيابات دورا رئيسيا في تكوينها فيطلق عليها اسم البالوطات الانسياب . والبالوطات هي الطرق الرئيسية التي تملكها المياه السطحية إلى جوف الصخور . وتظهر على السطح كذلك بعض الوديان التي قد يتلى " بعضها بالماء " غب سقوط أمطار غزيرة . ويحدث هذا بصفة خاصة إذا كانت القاعدة غير النفاذة التي تتركز عليها الصخور الجيرية قريبة من السطح . ولكن هذه الوديان لا تلبث أن تجف نتيجة لانصراف مياهها عن طريق البالوطات والشقوق إلى الكهوف والأنهار السفلية . ويطلق على الوديان السطحية التي تتلصق

بالماء بعد سقوط المطر ثم تجف نتيجة لانصراف مائها إلى الباطن اسم الأوديسة
 العمياء . واجتثا الجريان الممتلئ الماء في هذه الأوديسة
 فإن المناطق التارستية تكون غالبا خالية من الانهار السطحية لأن تصريف مياهها
 يحدث عادة في جوف الصخور .

أما الظاهرات التارستية الجوفية فثيرة وتباينة الاشكال والاحجام ، وأهمها
 الشقوق والفواصل والكهوف والانهار السفلية . وتعتبر الكهوف والانهار السفلية
 أهم هذه الظاهرات وأكبرها .

وتتكون الكهوف غالبا في مناطق الضعف في داخل الصخر وخصوصا في أماكن
 التقاء الشقوق والفواصل وتؤدي عمليات الذوبان وعمليات النحت الناتجة عن
 توسيعها . وتنتقل المياه بينها عن طريق الشقوق والفواصل وتتكون منها أنهار سفلية
 تتبع مناطق الضعف وتنحدر مع انحدر التكوين الجيري الحامل للماء إلى أن تجسد
 لنفسها منفذا إلى الخارج في جانب أحد الوديان أو السهول ، وهذا يتحقق بشكل
 ميون تندفع مياهها أحيانا بصورة دائمة . وقد يكون اندفاعها بقوة تعادل قوة اندفاع
 مياه الشلالات . وكثيرا ما تكون هذه الميون هي الموارد المائية الرئيسية لمياه للزراعة
 أو للمراكز العمرانية .

وقد يحدث أثناء تسرب المياه السطحية إلى الكهوف ان تتعلق بعض
 نقاط الماء المحملة بالجير بأسقف هذه الكهوف ، كما يقطر بعضها الآخر فوق قاعها .
 يؤدي تبخر هذه النقاط إلى ترسب الجير في أماكنها . وتكرار هذه العملية تتكون
 الأعمدة الهابطة Stalactites والأعمدة الصاعدة Stalagmites
 التي سن ان تكلمنا عليها عند كلامنا على الصخور الجيرية (الفصل السادس صفحات
 ١١٠-١١١) .

الدورة الجيومورفولوجية للمناطق الكارستية :

تتبع الدورة الجيومورفولوجية للمناطق الكارستية نظاما خاصا تلعب فيه ميساه
الامطار والتجوية الكيميائية المشطة في ذوبان الصخور الجيرية الأدوار الرئيسية فتمس
تشكيل هذه المناطق .

فعلى فرض ان المنطقة بدأت تتعرض بعد ظهورها مباشرة لهذه العوامل
فان المرحلة الأولى لدورتها الجيومورفولوجية تبدأ بحريان الماء على سطحها حيث
تتكون مجار نهوية متباينة الأحجام ، وفي نفس الوقت يأخذ بعض الماء في التسلل
في شقوق الصخور بفواصلها فيؤدي الى توسيعها والى تكوين البالوعات في المواضع
التي تتلقى فيها الشقوق مياهها ، وبتوالي الوقت يتزايد عدد البالوعات وتكثف
أحجامها ويتزايد اندفاع المياه فيها الى جوف الأرض ، وتصبح هذه الظاهرة السائدة
على السطح ، كما تكون الأنهار السطحية قد عمقت مجاريها في الطبقة الصخرية
السطحية ، التي تكون غالبا مكونة من صخور صلبة ، حتى تعمل إلى طبقة الصخور
الجيرية اللينة ، فتأخذ مياهها في الانصراف إلى الكهوف والأنهار السفلية فيسودى
ذلك إلى اختفائها تدريجيا ، وعندئذ تكون المرحلة الأولى للدورة الجيومورفولوجية
قد وصلت إلى نهايتها .

وفي المرحلة الثانية وهي مرحلة الشباب تكون البالوعات قد وصلت إلى حالته
المتقدمة في تطورها ، وتكون كثير من الأنهار السطحية قد اختفت بينما تكون الكهوف
والأنهار السفلية قد بدأت تتطور وتكبر أحجامها وأعدادها وتكون الشبكة المائية
الجوفية قد بدأت تأخذ شكلا متكاملا .

وفي المرحلة الثالثة وهي مرحلة النضج تختفى كل الأنهار السطحية تقريبا
ويقتصر وجودها على أنهار صغيرة فصلية تنقل بالماء في موسم المطر ولكنها لا تلبث
أن تجف بسبب انصراف مياهها إلى الكهوف والأنهار السفلية عن طريق البالوعات ،
أما الشبكة المائية السفلية فتزداد تعقيدا بزيادة أحجام الأنهار السفلية ويؤادها

وتفرعاتها وزيادة أحجام الكهوف واستداداتها الأفقية والرأسية ، وتتكون فيها الأعمدة
الجيرية الهابطة (الاستلاكتيت) والماعدة (الاستلاجيت) وفي أواخر هذه المرحلة
تحدث بعض الانهيارات التي تؤدي إلى كشف بعض الكهوف وبعض قطاعات الأنهار
السفلية .

وفي المرحلة الرابعة والأخيرة وهي مرحلة الشيخوخة ، تكون الانهيارات
الصخرية قد أدت إلى كشف أغلب الكهوف وتحملها إلى بحيرات غائرة وإلى كشف
أغلب الأنهار السفلية وتظهرها كأنهار سطحية ذات جوانب شديدة الانحدار ، وتظهر
على السطح بعض التلال الصخرية المنعزلة المتخلقة من الأراضي المرتفعة التي كانت
تفصل بين الهالوات والأحواض السطحية .

وبما يجدر ذكره في النهاية أن المراحل الأربعة التي ذكرناها تتداخل في
بعضها بحيث يصعب وضع حدود واضحة بين بعضها وبعض ، وقد تختلط مظاهرها
ببعضها بحيث توجد في المنطقة الواحدة ظاهرات تنتمي إلى أكثر من مرحلة من هذه
المراحل .

الباب السادس

الاشكال التضاريسيه الكبرى لسطح اليابس

الفصل العشرون - السهول .

الفصل الواحد والعشرون - الهضاب والجبال .

الفصل الثاني والعشرون - البحيرات والمستنقعات .

السهل العشرون

السهل PLAINS

تعريفها :- صفاتها العامة

المقصود بالسهول ، بمعناها العام ، هو الأراضي التي لا توجد بها أراضٍ شديدة الانحدار أو سمات كبيرة أو كثيرة بدرجة تفيد من مظهرها السهل العام . ولإيجدت بها أي مرتفعات فيجب أن تكون قليلة ، وألا تزيد ارتفاعاتها عن عشرات الأمتار . ومع ذلك أنه لا يشترط أن يكون السهل ناسم الاستواء ، ولكن بشرط أن يكون كل منحدراته معدلة .

وتختلف السهول من المصناب Plateaus أو Tablelands من ناحية نواح أهمها : أن المصناب تكون أكثر ارتفاعاً وتكون حوافها عديدة المنحدرات واضعماً بواسطة منحدرات شديدة أو قائمة ، كما يكون سطحها مقطوعاً بواسطة وديان وأخاديد شديدة العمق ، وقائمة الجوانب كما سنوضح عند الكلام عليها في الفصل القادم .

وعلى الرغم من أن السهول تشترك في صفاتها العامة وجميعها ما يتعلق منها بعدم وجود منحدرات شديدة أو جبال عالية ، فإنها تختلف فيما بينها في كثير من الصفات ، فمن حيث ارتفاعها العام عن سطح البحر نجد أن بعضها يكاد يكون في مستوى سطح البحر بينما قد يصل ارتفاع بعضها إلى بضعة آلاف من الأمتار ، كما هي الحال في السهول المحصورة بين سلاسل الجبال

الكبرى ، والتي تتوفر فيها شرط عدم وجود المنحدرات الشديدة أو المرتفعات الكبيرة . ومن حيث درجة الاستواء فإن بعض السهول يسكاد يكون تام الاستواء بينما يكون بعضها الآخر كثير المنخفضات واللال والوديان ، كما هي الحال بالنسبة لما يعرف باسم « أشباه السهول Peneplains » . وبينما يكون السطح في بعض السهول قاحلا جافا فإنه يكون في بعضها الآخر كثير المستنقعات والبحيرات ، وبينما يكون السطح في بعض السهول مغطى بمواد رسوبية مفككة ، سواء أكانت ناعمة مثل العاصال أو الطين أو اللج ، أو خشنة مثل الرمال الخشنة والحصى وقطع الصخور المشمة فإن بعضها الآخر يكون صخرها عاريا أو مغطى بكساء جليدي دائم .

وبعض النظر عن السهول التي لا تساعد ظروفها المناخية أو مواردها المائية أو تكويناتها السطحية على استغلال أرضها الانتاج الزراعي فإن السهول هي ، على وجه العموم ، أصاح المناطق لهذا النوع من الاستخدام ، بشرط أن تكون متطلباته الأخرى متوفرة بها . كما أن السهول هي أصاح المناطق للنمو الحضري والتجمع السكاني .

وبالنظر إلى خريطة تضاريسية للعالم نجد أن أغلب السهول العظمى مفتوحة إما على المحيط الأطلسي أو على المحيط المتجمد الشمالي ، أما السهول المفتوحة على المحيطين الهندي والمحادي فمعظمها عبارة عن سهول صغيرة نسبيا ، ومن أمثلتها السهول الصغيرة المفتوحة على المحيط الهادي والمحيط الهندي في جنوب آسيا وشرقها ، وفي استراليا وشرق إفريقيا وغرب الأمريكتين . والذهب في ذلك هو أن سواحل المحيط الهادي تكتنفها نطاقات جبلية تكاد تكون معبلة ، ولا تفصل بينها وبين مياهه إلا سهولا ساحلية صغيرة متفرقة .

نشأتها وأنواعها :

نشأ السهول بفعل عوامل متعددة ومتباينة ، فبعضها يتكون بعضها نتيجة لعمليات التآكل فإن بعضها الآخر يتكون نتيجة لعمليات الإرساب . وقد تتدخل حركات القشرة الأرضية كذلك في تكوين بعض السهول أو تطورها . ولذلك فإن هناك أنواعا متعددة من السهول ، ومن أهمها ما يأتي :-

أولا : السهول الناشئة عن التآكل وتشمل : (١) السهول التعاقبية الكبيرة التي تمثل المرحلة الأخيرة من مراحل التآكل المائي في المناطق الجبلية ، وهي تشمل أشباه السهول (Penoplains ، ٢) سهول أقدام الجبال (Pediplains) وهي السهول المعصيرية التي تتكون عند سفوح الجبال بواسطة التآكل الذي تقوم به مياه الوديان المنحدرة على جوانبها ، وهي تمثل مرحلة من مراحل تكون أشباه السهول ، (٣) سهول التآكل البحري ، وهي السهول التي تتكون على السواحل نتيجة للتآكل الذي تقوم به الأمواج ، (٤) سهول الكوبستا (Coasta) التي تتكون نتيجة للتآكل في منطقة طبقاتها مائلة شديدة الصلابة في أجزائها العليا . (٥) سهول التآكل الجليدي التي تتكون في المناطق التي زحف الجليد عليها في عصور سابقة . (٦) سهول الكارست (Carst) التي تتكون في مناطق التكوينات الجيرية نتيجة لعمليات التجوية التي تقوم بها المياه الجوفية ، وهذا هو العامل الرئيسي في تكوينها ، بالإضافة إلى عوامل أخرى أهمها التعرية المائية .

ثانيا - السهول الناشئة عن الإرساب وتشمل : (١) سهول رواسب المياه الجارية وأهمها السهول الفيضية (Flood Plains) ، وسهول الدلتاوات ،

وسهول الـ *Barren* التي تتكون في حوض الجبال نتيجة لانسيان
الذرات التي تكونها رواسب الوديان الجبلية في المناطق الجافة ، وسهول
الـ *Playa* التي تتكون في الأحواض الداخلية التي تفيض إليها المياه
المنسدة من الجبال في المناطق الجافة . (ب) سهول الـ *Loess* التي
تتكون من الركامات الجليدية بمختلف أشكالها . (ج) سهول الـ *Loess*
الحوادث وأهمها السهول الرملية وسهول الـ *Loess* .

ثالثاً - السهول الساحلية الحديثة : ومن أهمها السهول الساحلية التي
ظهرت حديثاً نتيجة لارتفاع جدره من قاع البحر ، أو انحسار المياه عن
بعض المناطق الشاطئية الضحلة بسبب ارتفاع الأرض أو تراكم الرواسب
على القاع .

وعلى الرغم من أن هذه السهول تكون مسطوية عند بدء ظهورها ، فإنها
لا تلبث أن تخضع لوامل التعرية المختلفة فيقطع سطحها بواسطة الأنهار
التي تقطعها من ناحية الـ *Loess* ، كما تكثر بها المستنقعات والبرك التي تتجمع
فيها مياه الأمطار . ومع ذلك فإن الأنهار التي تقطعها تكون دائماً بطيئة
الانحدار وقليلة العمق ، بسبب عدم وجود فرق كبير بين مستوى سطح
الأرض وعلو القاعدة ، كما أن انحدار الأرض يكون بطيئاً وغير كاف
لجرف كل المياه التي تتراكم على السطح فيتجمع الكثير منها في الحفر
والمنخفضات الضحلة التي تكثر عليه وتتكون منها كثير من المستنقعات
والبرك والبحيرات التي قد تكون عظيمة الانساع في بعض الأحيان .
وتوجد هذه الظواهر بكثرة في السهول الساحلية المنخفضة في ولايات
فرجينيا وكارولينا الشمالية وكارولينا الجنوبية وجورجيا ولايات الخليج

من فلوريدا إلى تكساس ، فمعظم هذا السهل مسوي ، ولا يزيد مسواه عن ١٥ مترا فوق سطح البحر ، وفيه تكثر المستنقعات والبحيرات والمجاري المائية بدرجة لا توجد في أي منطقة أخرى في الولايات المتحدة . ويقدر أن مساحة المستنقعات والبحيرات والأنهار المصحولة التي توجد في هذا السهل تعادل ٣ المناطق رديئة الصرف في الولايات المتحدة كلها . وتوجد سهول ساحلية من نفس هذا النوع في شرق نيكاراغوا وشرق جنوب إفريقيا والحافات القطبية في ولاية الاسكا وفي شمال الاتحاد السوفيتي .

سهول النحت المائي : (١)

قلما يوجد سهل في العالم لم يتأثر بالتعرية المائية ، لأن هذا العامل من عوامل التعرية ينتشر انتشارا واسعا حتى في المناطق الجبلية . ولكنه لا يوجد مستقلا بل كداخل معه التعرية الهوائية أو التعرية الجليدية . ويتوقف تأثير التعرية المائية على حجم المجاري النهرية التي تقطع السهل وعلى كمية المياه من مياه ورواسب ، كما يتوقف على المرحلة التي تمر بها هذه التعرية . وعلى أساس هذه المرحلة فإن السهول تقسم إلى نفس المراحل التي تقسم إليها المجاري المائية ، وهي مرحلة الصبا والشباب ثم مرحلة النضج ومرحلة الكهولة .

مرحلة الصبا والشباب في تطور السهول بواسطة النحت الثاني :

في هذه المرحلة يكون سطح الأرض مقطعا بواسطة وديان رئيسية متباعدة تتصل بينها شبكة كثيفة من الروافد القصيرة المتجمعة على امتدادها بينما تكون أراضي ما بين الأنهار مسطحة وملساء وانحداراتها معتدلة وخصوصا

(١) راجع موضوع « الدورة التعرية المائية » ضمن الفصل الخامس عشر من هذا الكتاب .

في أوديةها العليا ، التي تمثل السطح الأصلي للمنطقة ، والتي لم تصل إليها
مجارى الروافد . وقد يكون السطح الأمس واحدا من الأسطح الآتية :

- (أ) سطح تحاقى قديم لدورة تهاوية سابقة وصلت إلى مرحلة التكهولة .
- (ب) سهلا فيضيا Alluvial قديما . (ج) قاعا سابقا لبحر أو بحيرة .
- (د) سطحها لغطاء يجتهد من غطاءات اللافا .
- (هـ) سطحها لمنطقة زحف عليها الجليد .

وتتوقف المظاهر التفصيلية لهذا السطح على الطريقة التي نشأ بها ، وعلى
أى حال فأما كانت نشأته فإن المهم في هذه المرحلة هو أن يكون سطح
السهل أملاسا بصورة واضحة ، وأن تكون ارتفاعاته - إن وجدت - صغيرة
وإلا توجد به منحدرات شديدة . فعندما يبدأ جفر الأنهار الرئيسية لوديانها
على مثل هذا السطح فإن قدرتها على تعميق مجاريها تكون محدودة بينما
تكون قدرتها على النحت الجانبي كبيرة ، ولهذا فإنها تكون غالبا مسطحة
وقيعانها مسطحة ، بينما تكون الروافد التي تصب فيها ضيقة والمنحدرات
أشد انحدارا . وتكون هذه الروافد مزاحة حول الجرى الرئيسى نفسه بينما
تهبى الأجزاء المرتفعة من أراضي ما بين الوديان ملساء وغير مقطعة ، ولكن
يلاحظ أن ضفاف الأنهار نفسها تكون شديدة الانحدار .

ويكون نظام التصريف النهري في هذه المرحلة هو غالبا النظام الشجري
dendrotic ، ويظل هذا النظام واضحا إذا كان السهل مكونا من طبقات
صخرية أفقية أو كان تركيبه متجانسا ، أما إذا كانت الطبقات مائلة أو
كان التركيب الصخري متباينا فإنه نظام آخرى قد تجلج عمل هذا النظام في
مراحل التطور التالية لكن تتلاءم المجارى النهريية مع التركيب الجيولوجى

وفي هذه المرحلة تكون أراضي ما بين الوديان هي المناء التي يتجمع فيها السكان ويتركز فيها الانتاج الزراعي وتمتد فوقها الطرق والسكك الحديدية وفي الأقاليم الجافة نسبيا قد تستغل أجزاء من ليعان بعض الوديان الممتعة للزراعة أثناء موسم الجفاف .

ومن الأمثلة على السهول التي تمر بمرحلة الشباب السهول العليا في شرق جبال روكي في كولورادو ونيومكسكو وكانساس وأوكلاهوما وتكساس ، وكثير من سهول إلليينوى وأيوا ومسوري الشمالية والأجزاء الخارجية من السهل الساحلي المطل على المحيط الأطلسي وخليج المكسيك بين فرجينيا وتكساس .

مرحلة النضج في تطور السهول بالنحت الثاني ،

في هذه المرحلة تكون الروافد قد تقدمت بدرجة أدنى إلى اختفاء الأراضي المرتفعة الأصلية التي اتصل بين الوديان الكبرى ، وتكون الانحدارات الشديدة على جوانب الأودية هي المظهر السائد في المنطقة ، ويكون من الصعب أن توصف المنطقة بأنها سهلية ، لأن أغلب انحداراتها تكون شديدة ، ومع ذلك فإن انحدارات الأنهار الرئيسية نفسها تكون صغيرة وتكون مرة جريانها محدودة ، أما روافدها فتكون قد أكلت إزالة السطح العلوي الأصلي . وتكون وديان الأنهار الرئيسية قد اتسعت وأصبح قاعها في الغالب مسطحا ، ويحدث ذلك في أواخر مرحلة النضج وفيها يصبح سطح المنطقة كله مقعدا وتسوده الوديان ذات الجوانب شديدة الانحدار . ولا يبقى من السطح الأصلي المستوي الذي كان يفصل

بين هذه الوديان شيء يستحق الذكر . ونتيجة لذلك يختلج السكان الذين كانوا مجتمعون فيها للانتقال إلى الوديان المنخفضة نفسها .

وتوجد أمثلة للسهول المعتدلة التي تمثل هذه المرحلة في شمال ولاية مسوري . جنوب ولاية أيوا وشرق نبراسكا وفي كثير من السهول الساحلية الداخلية ، إلى الشرق من مرتفعات الابلاش في ولاية جورجيا وكارولينا وفي مناطق متفرقة من الأجزاء الداخلية المحصورة بين جبال روكي ونهر المسوري .

مرحلة الكهوف في تطور السهول بالذئبت الثامني :

ويطلق على السهل في هذه المرحلة اسم شبه لسهل Peneplain ، وفيه تبقى من أراضي ما بين الأنهار إلا تلالاً صغيرة قليلة الارتفاع ، بينما تكون الوديان قد أصبحت عظيمة الاتساع ، خصوصاً عند مصباتها . وأشياء سهول هذه قد تكون متطورة من سهول عادية بعد مرورها في مرحلتين شتبات والذئبت ، ولكنها قد تكون متطورة كذلك من مناطق جبلية معتدلة . لكن عملية التطور في الحالة الأخيرة تكون بطيئة جداً ، وخصوصاً في أحواض الأخيرة ، والغالب هو أن تلالاً كبيرة نسبياً تظل بارزة على السطح بدل من السطح الجبلي الأصلي ، وهذه التلال هي التي تعرف باسم Monadnock . ولكن من النادر أن نجد في الوقت الحاضر أشياء سهول وصلت في تطورها إلى مستوى القاعدة فعلاً (وهي آخر مراحل التطور) ، بقيت كذلك حتى الآن ، لأن حركات القشرة الأرضية وذهبات سحاج في البحر كانت دائماً تتدخل في تطور هذه السهول حتى وأو كانت قد وصلت إلى آخر مراحل تطورها .

سهول القدام الجبال : Pediplains :

وهي كما سبق أن ذكرنا عند الكلام على التعرية المائية في المناطق الجافة عبارة عن سهول تحالية تتكون بحوار قاعدة الجبال مباشرة ويكون سطحها صغيرا أملسا ومقوسا تقوسا خفيفا مع انخفاض بطيء إلى الخارج ، وقد يتغطى سطحها بطبقة رقيقة من الرواسب التي قد تبقى فوقها ، وتوسع هذه السهول باستمرار على حساب الجبال المجاورة لها .

وتوجد أمثلة لهذه السهول في مناطق كثيرة من العالم مثل المناطق الصحراوية المحيطة بسلاسل الجبال في أمريكا الشمالية وفي شمال شيلى وجنوب غرب إفريقيا وبعض أجزاء الصحراء الكبرى بل ومنظم المناطق الصحراوية التي كانت في الماضي مناطق جبلية .

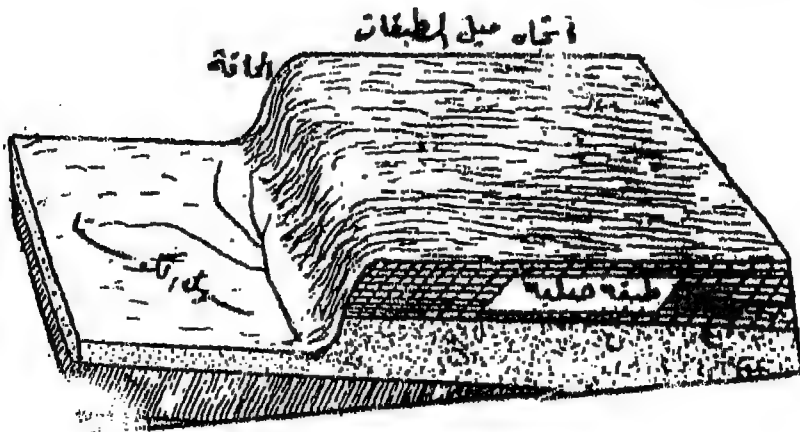
ونظرا لطبيعتها الصحيرية ورقعة طبقة التربة التي تغطيتها إن وجدت فإن هذه السهول لا تصلح لنمو النباتات أو للزراعة ، وذلك على العكس من السهول الرسوبية التي تتكون بحوارها من تلاحم دلتاوات الوديان المنحدرة على جوانب الجبال (١) .

سهول الكوستا :

المعروف بالكوستا هو الحافة الجبلية الطولية التي تتكون نتيجة لبلقاء طبقة صخرية صلبة بارزة بعد تآكل الطبقات اللينة التي تحتها . أما سهل الكوستا فهو السهل الذي يتكون أمام هذه الحافة نتيجة لتآكلها وتراجعها بسبب عمليات التعرية ، وخصوصا التعرية المائية .

(١) واجمع موضوع (دور المياه الجارية في تشكيل سطح الانايم الجافة) من الفصل الخامس عشر .

وتنشأ الكوستانات عادة في المناطق المكونة من طبقات وسوية معينة
 في الأرض، ومماثلة ميلا بسيطا في مثل هذه المناطق تحدث التعرية، وخصوصا
 التعرية المائكة، في الطبقات اللينة، بينما تبقى الاطراف العليا للطبقات الصلبة
 بارزة بشكل حافات طويلة تفصل بينها سهول ممتدة نسبيا. وتتميز كل
 كوستا بأن لها جانبيين أحدهما بطيء الانحدار ويميل في نفس اتجاه ميل
 الطبقات، والثاني شديد الانحدار وبشرف على السهل الممتد أمامه بشكل حافة
 ممتدة أو متقطعة على حسب عمر الكوستا. ففي الكوستانات الحديثة تكون
 الحافة ممتدة ولكنها تفقد اتصالها تدريجيا بمرور الوقت نتيجة لتقطعها
 المستمر بواسطة الوديان النهرية حتى تتحول إلى سلسلة من التلال التي تأخذ
 في النهاية شكلها الأصلي المحدود كما يأخذ السهل الذي
 تكون أمامها في الاتساع بسبب تراجعها المستمر، ومع ذلك فقد يبقى على
 هذا السهل بعض التلال الصغيرة التي تختلف عنها. وهكذا فإن الكوستانات
 تلبين فيما بينها في مظهرها العام، وفي اتساع السهل التي تتكون أمامها على
 حسب أعمارها وسمك الطبقات الصلبة التي تكونت منها وسرعة تأكل الطبقات



شكل (١٢٦) سهل الكوستات

و تعتمد الكوئستات بسهولة من الظاهر ان الجيومورفولوجية المنشأة في مختلف الاقاليم ، ومن أشهرها الكوئستات التي بدأت عام ١٩٠٠ لالات بياجر (١) . والتي تخطت عن التلال التي ما زالت موجودة في بوسني وولاية وسكوبين وكذلك الكوئستات التي توجد حول حوض باريس الذي يعتبر من أوضح أمثلة سهول الكوئستات . فقد تكون هذا الحوض من سلسلة من السهول التي تكونت أمام ست من الكوئستات التي ما زالت ظاهرة من حوله ، على الرغم من أنها قد تغطت بقطيعا شديدا بواسطة كثير من المجاري النهرية . وقد لعبت هذه الكوئستات أدوارا هامة في الدفاع عن مدينة باريس في أثناء الجروب .

سهول اوساب المياه الجارية Alluvial Plains

تتكون هذه السهول حينما تتمكن المياه الجارية من ترسيب حملتها . ويحدث ذلك في الاماكن التي تبدأ فيها سرعتها . وقد سبق أن تكلمنا على دور المياه الجارية في الارساب وعلى بعض المظاهر التي تنتج عنه . وتوزع رواسب المياه الجارية دائما في مستويات أولية وتتكون منها سهول تتميز باستوائها التام . والافصح أن السهول التي تنتج عن الارساب المائية تعتبر من أكثر السهول استواءا في العالم . ومع ذلك فان هذه السهول تتباين فيما بينها على حسب المواضع والظروف التي يحدث فيها الارساب . وعلى هذا الأساس يمكننا أن نميز ثلاثة أنواع من هذه السهول ، وهي السهول الفيضية Flood Plains ، وسهول الدلتاوات ، وسهول حوض الجبال أو الباجادا .

V.C Finch Q T Trewartha, "Physical Elements (١)
of Geogra. . 1957, P 276

السهول الفيضية Flood plains . وفي معظمها السهول التي تتكون نتيجة للترسيب في وادي النهر ، ويختلف سمك الطبقات التي تتكون نتيجة لهذا الترسيب من بضعة سنتيمترات إلى بضعة مئات من الأمتار فوق القاعدة الصخرية ، ففي حوض نهر المسيسيبي مثلا يبلغ سمك طبقات السهل الفيضي أكثر من ٣٥ مترا ، بل إنه يصل إلى أكثر من ١٣٠ مترا عند مصبه ، وقد يزيد عن ذلك في وديان بعض الأنهار الأخرى .

وأوضح صفة من صفات السهل الفيضي هي استواء سطحه ، ومع ذلك فإن هناك بعض المظاهر التي قد تميز بعض السهول عن بعضها الآخر . ومن المظاهر الشائعة في السهول الفيضية وجود المجاري المائية للشطية والمجاري المائية المتروكة والجسور الرسوبية الطبيعية Levees حول المجاري المائية للشطية والمجاري المتروكة ، ووجود مساحات واسعة مسطوية بين المجاري المائية وخلف الجسور .

وبغلب أن تكون المجاري المائية في السهول الفيضية كثيرة الانثناءات وكثيرة الفرع braided . وتوقف درجة الانثناء على اتساع النهر نفسه بالنسبة لامتداد سهل الفيضي ، وعلى نوع المادة الفيضية ، فكلما اتسع السهل الفيضي كانت أقواس الثنيات مكتملة ومتوغلة نحو جانبي الوادي . وللعناد هو أن يكون اتساع نطاق الثنيات المكتملة معادلا لامتداد النهر نفسه بين ١٥ و ٢٠ مرة ، فإن كان اتساع الوادي أقل من ذلك فإن الثنيات لا تستطيع أن تكمل تكوينها بسهولة ، بينما تستطيع أن تكمل بسهولة من أحد جوانب الوادي إلى الجانب الآخر إذا كان السهل الفيضي متسعا . وتحدث مثل هذه الانثناءات كذلك في الروافد التي تنصب في النهر الأصغر ، ولكنها تكون

صغيرة نسبيا . كما أن القنوات عموما لا تستطيع أن تكمل تطورها باسمه .
إذا كانت تكوينات السهل الفيضي من النوع الصالح الى المتناسك أو من أى
نوع آخر لا يسهل نمته .

وتعتبر المجارى المائية المنفرعة *brided* كذلك من الظواهر الشائعة
في السهول الفيضية . ويختلف مظهر هذه المجارى في موسم ارتفاع المياه عنه
في موسم انخفاضها ، ففي موسم ارتفاع المياه ينشط نطاق القنوات النهرية
كله بطبقة رقيقة نسبيا من الماء ، وقد يتبع من ذلك تحول المياه من بعض
المجارى إلى مجار جديدة وتكوين حواجز رسوبية طويلة جديدة ، أما في
موسم انخفاض الماء فأن معظم النطاق يكون جافا باستثناء بعض المستنقعات
أو المسارب الصغيرة التي تبقى في المجارى العميقة ، وتتحول باقى المجارى
والجسور التي تفصلها إلى مناطق رملية جافة خالية من النباتات ، وتظهر
بعض المجارى المتروكة التي تتحول منها المياه بعد أن كانت تمتلئ بها . وفي
الاقاليم الجافة تكون المجارى النهرية غالبيا متفرعة ، ويكون موسم جريان
الماء فيها قصيرا ، ولا يزيد أحيانا عن بضعة أيام عقب سقوط الامطار مباشرة
بينما يبقى سطحها رمليا مكشوقا في باقى أيام السنة . وقد يحدث في بعض
الانهار أن يشغل نطاق المروج كل عرض السهل الفيضي ، ولكن المعتاد هو
أن يشغل أسما منه فقط ، ويكون ملسوبه منخفضة ضا عن ملسوب باقى
السهل الفيضي بأمطار قليلة .

وتعتبر البحيرات الهلالية (أو المقنطمة) من المظاهر الشائعة كذلك في
السهول الفيضية ، وقد سبق أن شرحنا كيفية تكونها (١) ، ولكن معظم

(١) راجع القطاع العرضي للنهر ' في الفصل الخامس عشر .

هذه البحيرات لا يدوم طويلا ، لأنها تتعرض دائما للارساب سواء بوصول الرواسب إليها من المناطق المحيطة بها أو عندما تصل إليها مياه الفيضان ، كما تنمو فيها كثير من النباتات التي تساعد على اعتلائها ، ولذلك فإنها تبقى تدريجيا وتغير أشكالها ببطء ، وقد يجف بعضها كلية أو جزئيا فلا يبقى ما يدل عليها إلا منخفضات ضحلة هلالية الشكل ، وقد تتحول هذه المنخفضات إلى مستنقعات إذا وصلتها مياه الفيضان أو إذا ملأها مياه الأمطار .

وتعتبر الجسور الرسوبية الطبيعية التي تعتمد على جوانب المجاري المائية الشديدة أو المزدودة من الظواهرات الأخرى المهمة في السهول الفيضية . وهذه الجسور هي أعلى أجزاء السهل الفيضي ، ونظرا لارتفاعها فإنها تكون بداية الصرف ، ويدور هذا وانحسار من الحياة النباتية الكثيفة التي تغطيها . وبعض هذه الجسور يكون عريضا بدرجة تسمح باستخدامه للزراعة ، وبناء مراكز العمران ومد طرق المواصلات .

وعكس هذه الجسور فإن الاراضي المنخفضة المجاورة لها تكون رديئة الصرف ، ويكون سطح المياه الفيضانية فيها قريبا من السطح ، ولذلك فإنها تكون كثرة المستنقعات . وكثيرا ما تطفئ عليها مياه الفيضان ، ويحتاج استخدامها للزراعة إلى جهودات خاصة لتصريف مياهها بواسطة شبكة من المصارف مثل الشبكة التي توجد في السهل الفيضي لنهر النيل في مصر والسهل الفيضي لنهر الدانوبس في الصين . وكثيرا ما تتعرض السهول الفيضية لخطر الفيضانات كلما ارتفع منسوب الماء في النهر .

وقد يظهر على جانبي السهل الفيضي زوج أو أدواج من المصاطب

الرسوبية التي تكونت عندما كانت مناسيب النهر أعلى منها في الوقت الحاضر وقد سبق أن تكلمنا على هذه المصاطب ، وذكرنا أنها قد بنى على مرات هبوط مستوى قاعدة النهر (١) . ونظرا لارتفاع منسوب هذه المصاطب من منسوب السهل الفيضي الحالي فإنها لا تعاني من سوء الصرف وتكون لذلك أكثر صلاحية للزراعة وأكثر سلامة من أخطار الفيضانات . ولكن هذه الميزة يلقاها من ناحية أخرى أن هذه المصاطب تكون دائما محرومة من الرواسب الجديدة التي تجلبها مياه الفيضانات كل سنة ، والتي تساعد على تجديد خصوبة تربتها .

سهول الدلتاوات :

تختلف هذه السهول عن السهول الفيضية من حيث ظروف نشأة كل منها فبينما تكون السهول الفيضية نتيجة للارساب على اليابس فإن سهول الدلتاوات تتشكل نتيجة للارساب في منطقة بحرية ضحلة مياهها هادئة . ومع ذلك فإنها يشابهات في مظاهر سطحها عند اكتمال تكوينها بحيث يكون من الصعب وضع حد فاصل بينهما في منطقة التقائهما وتبدأ الدلتا في التكون بمجرد أن يبدأ النهر في إلقاء رواسبه عندما يتقابل المياه الضحلة التي يصحب فيها ، سواء أكانت مياه بحر أو بحيرة . وكلما فت الدلتا وارتفع سطحها كلما أبطأ جريان الماء في الفروع النهرية التي تغرقها ، ونتيجة لذلك يزداد الارتفاع عند بداية هذه الفروع بل وبأخذ الارتفاع في التراجع نحو الوادي نفسه ، وهنا تندخل الدلتا في السهل الفيضي فلا يظهر أي حد فاصل بينهما .

(١) راجع القطاع العرضي للنهر في الفصل الخامس عشر .

ويتميز سهل . لنا بنفس المظاهر التي يميز بها السهل الفيضي للوادي ، فهو يشبهه في استوائ سطحه وفي كثرة مسا به من مجار مائية تحددها جسور رسوبية ، وفي كثرة المستنقعات التي تنتشر خلف هذه الجسور ، وفي كثرة المجاري المائية المتروكة . وتكون بعض المجاري المائية مستقيمة ، بينما يكون بعضها الآخر كثير الانثناءات *Meanders* كما يكون بعضها كثير التفرع *Braided* . ولكن مع فارق رئيسي وهو أن فروع الدلتا تنحدر كلها نحو البحر ويكون منها غالباً شكل مروحي . إلا أن معظم هذه المظاهر قد وجدت في كثير من الدلتاوات نتيجة للتوسع الزراعي والعمري ، فوجدت المستنقعات في كثير من المناطق ونحوات المجاري المائية والمجاري المتروكة إلى ترع وقنوات للري أو إلى مضارب للتخلص من المياه الزائدة في التربة أو لفسلها .

وتعتبر الجسور الرسوبية من أصح أراضي الدلتاوات لمد الطرق والسكك الحديدية ، ولنشوء المراكز العمرانية والتجمعات البشرية ، وذلك بسبب جفافها النسبي ، وبتراوح ارتفاع هذه الجسور بين متر ومترين عن سطح الأرض المحيطة بها ، ولكن ارتفاعها يتناقص كلما اقتربنا من سطح البحر حتى تكاد تختفي في المسطحات المائية المجاورة له . وقد يظهر بعضها في هذه المسطحات بشكل أصابع متجهة إلى البحر .

وباستثناء هذه الجسور وبعض الأجزاء المرتفعة الأخرى عند رأس الدلتا وفي أواسطها فإن منسوب سطح القمم الأكبر منها يكون قريباً من منسوب سطح البحر ، وخموصها في أجزائها الداخلية التي مازالت غير مكتملة التكوين . فهذا يكون منسوب سطح الأرض هو نفس منسوب سطح البحر تقريباً ، ولهذا السبب فإن معظم هذه الأجزاء تكون مقبورة بالماء ، ولا تكون عن السهل مشاهدة الحد الذي تنتهي عنده الدلتا ، ولكن يمكن الاستدلال عليه

بواسطة النباتات البحرية التي تظهر عادة في خط يتفق مع حافة الدلتا المغمورة . وقد دفعت الحاجة الى التوسع الزراعي بعض الدول الى تخفيف الاجزاء الساحلية من الدلتاوات وتحويلها الى مناطق زراعية وليكن مجهودات وتكاليف كبيرة

ودلتا نهر النيل هي أشهر دلتا معروفة منذ التاريخ القديم . وهي أول دلتا أطلقت عليها هذه التسمية بواسطة اليونانيين القدماء . وقد كانت لها أدوار هامة في كل العهود الحضارية منذ الفراعنة . وتوجد غيرها مثلثات الدلتاوات في العالم . ومن أشهرها دلتاوات أنهار الرون واللبو والفالجا والسند والكنج والامراوا دي والهوانج والأورينوكو والسكولورادو والميسيسي والنيجر والزمبيزي . أما معظم الدلتاوات الأخرى فغير مشهورة إما بسبب بعدها عن مراكز ازدهام السكان ، أو بسبب عدم اهتمام الباحثين بدراساتها حتى الآن .

وتعتبر دلتا الميسيسي من أشهر الدلتاوات التي درست دراسة علمية جيدة . ويبلغ طول واجهتها على خليج المكسيك حوالي ٢٣٠ كيلومترا (١٥٠ ميلا) وهو تقريبا نفس البعد بين رأسها وساحل البحر . ويرجع بدء تكوينها الى أواخر عصر الجليد في الزمن الرابع ، ففي ذلك الوقت أخذت تصل الى منطقة من ناحية الشمال كميات ضخمة من الرواسب التي حملتها المياه الناتجة عن انصهار الجليد (١) . وقد تراكمت هذه الرواسب في خليج ضحل ، وكلما زاد تراكمها كلما أخذ سطحها في الهبوط ، ومازال هذا الهبوط مستمرا حتى الآن ، ولكن ببطء شديد جدا ، وهذا هو السبب في أن هذه الدلتاوات لم تعد تتقدم في مياه الخليج تقريبا يذكر إلا في مواضع قليلة تتميز بنشاط عمليات الارساب فيها . ويتركز التجمع البشري في هذه الدلتا على الجسور

الرسوبية الطبيعية، فعلى هذه الجسور نشأت المدن والطرق والسكك الحديدية والحقول . وقد نشأت مدينة نيو أورليانز نفسها على أحد هذه الجسور بالإضافة إلى المنطقة التي جفت بمجواره . ولا تزال هذه المدينة تعاني من كثرة المسطحات المائية المحيطة بها ومن قرب الطبقة المائية من السطح ، وما يترتب على ذلك من مشكلات كثيرة من النواحي الصحية والعمرائية والزراعية .

وتعتبر الدلتا نهر النيل كذلك من أشهر دلتاوات العالم بسبب وجودها في أقدم مناطق الحضارات البشرية الراقية . ولقد بدأ تكوينها في الزمن الرابع الجيولوجي في مدخل ذراع بحري قديم كان نهر النيل يصب فيه . وهي تعتبر في تطورها نموذجاً للتطور الذي تمر به الدلتاوات المثالية ، إلا أن مشروعات الري واستصلاح الأراضي والنمو العمراني والسكاني في مختلف أرجائها غيرت كثيراً من مظاهرها الطبيعية ، ومع ذلك فإزالت تمثل في كثير من أجزائها معظم المظاهر التي تتميز بها سهول الدلتاوات ، ومن أهمها استواء السطح وكثرة الجسور الرسوبية والمستنقعات الواقعة خلف هذه الجسور والقنوات المتروكة التي تحول الكثير منها إلى مصارف أو تفرج وقنوات قري .

سهول الارساب الثاني في الأقاليم الجافة : (١)

أم هذه السهول هي .

(١) سهول الدلتاوات الجافة وأهمها هي السهول التي تتكون من النحام

عدد من الدلتاوات بمجوار الجبال .

(٢) سهول أحواض الصرف الداخلي ومن أشهرها سهول البلايا Playa .

(١) راجع موضوع « دور المياه الجارية في تشكيل سطح الأقاليم الجافة » ضمن

العدد الخامس عشر .

سهول الدلتاوات الجافة: وهي تلتصق في نهاية وديان الأنهار لفصلية (الأخوار) ومجاري السيول التي تنتهي على اليابس. وهي كثيرة الوجود في الأقاليم الجافة التي لا تجري المياه في كثير من أنهارها إلا في موسم المطر، ولا نستطيع أن نصل إلى أي بحر أو بحيرة أو نهر كبير. ففي هذه الحالة تتجمع الرواسب عند نهاياتها بشكل دلتاوات تكون رواسبها خشنة عند رأسها، وتناقص خشونة كلما بعدنا عن نهاية الوادي. وقد تتسع الدلتا التي تتكون بهذا الشكل بدرجة تكفي للشجر مراکز عمرانية وحقول زراعية واسعة، خصوصا وأن المياه التي تنحدر نحوها تتسرب في تكويناتها وتتكون منها موارد مائية أرضية غنية في كثير من الأحيان. ومن أشهرها السهول التي من هذا النوع السهل الذي يتكون من دلتا خور الجاش، والذي نشأت عليه مدينة كسلا في شرق السودان.

وكثيرا ما تتكون حول جبال الأقاليم الجافة سلاسل من هذه الدلتاوات. وكلما زادت أحجامها اقتربت من بعضها حتى تتلاحم وتكون سهلا رسوبيا واحدا يعرف في كثير من المناطق باسم «الباجادا» أو «الباهادا». وقد سبق أن أطلقنا عليه اسم «سهل حضيض الجبال»، وهو يكون منفصلا عن قاعدة الجبال نفسها بواسطة السهل الصخري المعروف باسم «سهل قدم الجبال» Podiplain، ومن الطبيعي أن تكون رواسب سهل الحضيض (الباجادا) خشنة في أجزائه الأقرب إلى الجبال، وهي الأجزاء التي تقل رؤوس الدلتاوات التي كونته، ثم تتناقص أحجامها كلما ابتعدت عنها، كما أن تلمس سطحها ينخفض تدريجيا في نفس الاتجاه. ويكون هذا السهل عادة غنيا بمياهه الأرضية، وتكون التربة في أجزائها الأبعد عن الجبال خصبة وصالحة للإنتاج الزراعي. وبعض هذه السهول عظيم الاتساع جدا،

لدرجة أنها استطاعت أن استوعب مراكز عمرانية كبيرة ، وتنتج إنتاجا زراعيا وحيوانيا كبيرا ومتنوعا . ومثال ذلك السهول التي توجد في وديان ساكرامنتو وسان جواكين San Joaquin في كاليفورنيا ، والسهول الموجودة في وادي شيل في أمريكا الجنوبية وفي منطقة ممر قند في التركمانستان الروسية (١) .

سهول أحواض الصرف الداخلي : تتكون هذه السهول عادة في المناطق الجافة وشبه الجافة بالقرب من مناطق البليابا ، حيث تنصرف المياه المنحدرة في بعض الوديان إلى منخفضات داخلية فتتراكم الرواسب التي تحملها هذه الوديان على قاع المنخفضات وتتكون منها سهول مكونة غالبا من رواسب طينية ناعمة ، وتتجمع المياه في أعماق أجواء المنخفضات لتتكون منها بحيرات يعوق حجمها على كمية المياه . ولكن التبخر المستمر مع انقطاع المياه يؤدي إلى جفاف كثير من هذه البحيرات فتتخلف في مكانها مسطحات من التربة المالحة . والبحيرات التي نجف بهذا الشكل هي التي يطلق عليها في أمريكا اسم بلايا Playa . ولكن بعض هذه البحيرات عبارة عن بحيرات مستديمة ، وقد يكون بعضها كبيرا بدرجة تجعله أقرب إلى البحر ولتكون مثل هذه البحيرات يجب أن تكون المياه الواصلة إليها معادلة على الأقل لمجموع المياه التي تضيق منها بالتبخر والتي تلتصق منها في الضمور . ومياه أغلب هذه البحيرات تكون مالحة ، كما أن تربة السهول الطينية الممتدة حولها تكون هي الأخرى مرتفعة الملوحة . وترجع في مختلف جهات العالم مئات من البحيرات المالحة الصغيرة التي من هذا النوع ، أما البحيرات والبحار الداخلية الكبيرة فمدها محدود ومن أمثلتها البحيرة المالحة العظمى

Great Salt Lake في ولاية يوتا شمالي أمريكا الشمالية وبحر آرال وبحر قزوين اللذين توجد حولهما دول القوقاز الغربية والروسية ، ثم بحيرة تشاد في إفريقيا ، ومن أمثلة البحيرات الصغيرة التي هي من معطيات وبحيرات إلى مسطحات مالحة بحيرة آير Lake في جنوب استراليا والبحيرات التي توجد في بعض أجزاء إقليم كاهاري في جنوب إفريقيا . وما زالت توجد في وسط المسطحات المالحة في كل هذه المناطق بحيرات مالحة صغيرة مختلفة من بحيرات القديمة . وتوجد في الفرع الشرقي من الاخدود الإفريقي العظيم سلسلة من البحيرات الداخلية الصغيرة وأكبرها هي بحيرة رودولف .

سهول التعرية الجليدية

أهم هذه السهول هي سهول شمال أمريكا الشمالية وشمال غرب أوراسيا ، وهي المناطق التي غطتها الجليد خلال العصور الجليدية التي شملت وقتها طويلا من الزمن الجيولوجي الرابع ، أي خلال المليون سنة الأخيرة من عمر الأرض . فعلى الرغم من أن العوامل الرئيسية التي شكلت تضاريس هذه السهول هي العوامل التكتونية وعوامل التعرية المائية فإن كثيرا من أشكالها السطحية قد تكونت بسبب التعرية الجليدية ، ومع ذلك فإن كثيرا من هذه الأشكال قد تعدلت بفعل التعرية المائية خلال الفترة التي أعقبت انقراض الجليد الجليدي منذ حوالي ٣٥ ألف سنة ، ومع ذلك فإن آثار النصب الرساب الجليديين ما زالت واضحة ، ولكن بدرجات متفاوتة في كثير من المناطق ، إلا أن بعض المناطق تظهر فيها آثار النحت أو شح من آثار الإرساب ، بينما يظهر العكس في مناطق أخرى ، ولهذا فإن الباحثين يسمون السهول التي سام الجليد في تشكيلها إلى قسمين هما : سهول النحت الجليدي ، وهي غالبا السهول التي توجد في المناطق التي كان يتوزع منها الجليد ومعظمها

مكون من صخور بلورية ، ثم سهول الارساب الجليدى ، وهى غالبا السهول التى كان الجليد يترسب نحوها ويلقى برؤاسه فوقها ، ومعظمها مكونة من رسامات جليدية مخنفة الأنواع .

سهول النحت الجليدى : تتميز هذه السهول بأن سطحها صخري وتكثر به التلال ذات القمم المستديرة ، والوديان العريضة المفتوحة والأحواض المنخفضة الأحجام . وهى غالبا خالية من التربة ، ولذلك فإنها لا تصلح للزراعة إلا حينما تتجمع بعض التربة الرقيقة فى الوديان والمنخفضات . وقد سبق أن تكلمنا على الظاهرات التى تنتج عن النحت الجليدى (١) . وحينما كان النحت الجليدى شديدا تكونت كثير من البحيرات فى الأحواض الصخرية التى خلفتها عماليات النحت ، ويقدر أن فنلندة وحدها بها حوالى ٣٥ ألف بحيرة تشغل فى أرضها حوالى ١١ ٪ من المساحة الكلية للبلاد . كما أن ٢٥ ٪ من المنطقة الواقعة إلى الشمال والغرب من بحيرة سوبيريور فى مقاطعتى ميليسوتا وأونتاريو فى كندا تشغلها بحيرات من هذا النوع . وتبين هذه البحيرات فيها بينما تباينا كبيرا فى العمق والمساحة ، ولكن أغلبها بحيرات ضحلة ، وتوجد فى وسط بعضها جزر صخرية سطحها مصقول كذلك بواسطة النحت الجليدى . وتتميز أنهار هذه السهول بكثرة تعاربها وبكثرة شلالاتها وجنادلها حيث أنها لم تصل بعد إلى مرحلة التعادل

وتوجد سهول النحت الجليدى بصفة خاصة فى المناطق التى كان الجليد يتوزع منها فى عصر الجليد . وهى سهول فنلندة والسويد فى أوروبا والسهول اللورنسية المرتفعة فى كندا . وسهول فنلندة والسويد والبحر البلطى فى أوروبا .

سهول الارساب الجليدي : توجد هذه السهول في المناطق التي كان الجليد يزحف نحوها والتي كان ياتي فيها إرساباته المتنوعة بعد انصهاره ، ولذلك فإنها توجد إلى الجنوب من سهول النحت الجليدي التي تكلمنا عنها . وأهم ما يميز مناطقها هو أنها مكونة من صخور رسوبية وأنها مغطاة بإرسابات جليدية ضخمة ، وأنها تحتوي على تربة صالحة للإنتاج الزراعي ، ولذلك فإنها أهم من حيث فائدتها للاستخدام الاقتصادي والتجمع البشري من مناطق النحت الجليدي . ونظرا لأن الإرسابات الجليدية كانت تتراكم بصفة خاصة في الوديان والمنخفضات بينما كانت المرتفعات تتعرض للنحت ، فإن سطح هذه السهول أصبح أكثر استواءا من سهول النحت ، وقد كان هذا الاستواء واضحا في المناطق التي كانت فيها طبقة الرواسب سمكة بدرجة أدت إلى تغطية كل مظاهر السطح الأخرى واختفائها تحتها ، فقد تبين أن سمك هذه الرواسب كان يزيد في بعض المناطق على ١٥٠ متر . وقد سبق أن تكلمنا على أنواع الرواسب الجليدية في فصل سابق وذكرنا أن من أهمها الركامات الجليدية المختلفة ، وهذه الركامات هي التي تظهر بكثرة في سهول الارساب ، ويضمونها الركامات السفلية التي تغطي كل المناطق التي وصل إليها الجليد تقريبا . وتتكون هذه الركامات من إرسابات متنوعة تتراوح أحجامها بين حجم حبيبات الصلصال الدقيقة إلى حجم الكتل الصخرية الضخمة .

وهذه السهول ليست تامة الاستواء ولكنها تضم غالبا بعض التلال وصخور الركامات المختلفة والمنخفضات التي تعطي للسطح شكلا مموجا ، وتوجد هنا بحجم ومات كبيرة من « الكتبان الجليدية » أو الدرميليز « Drumline » وهي عبارة عن تلال نأخذ شكل نصف البيضاوية ، وكانت في

الأصل ركازات جليدية ثم عاد الجليد وزحف عليها فأعطاها ذا الشكل (١).
 وتوجد كذلك كثير من البحيرات المنخفضة التي تكونت في المنخفضات التي
 تفصل الركازات بعضها عن بعض وتليق الأنهار في جريانها نفس هذه
 المنخفضات ولذلك فإنها تكون كثيرة التعاريج . ومع ذلك فإن التطور الزراحي
 والعمداني في هذه السهول قد أدى إلى حدوث تعديلات كثيرة في مظاهر
 السطح حيث اختفت كثير من البحيرات وتهدبت مجاري كثير من الأنهار .

سهول التعرية الهوائية :

إن الصحاري هي أهم الأقاليم التي تلعب الرياح دورا هاما في تشكيل
 سطحها بسبب خلوها من الغطاء النباتي الذي يمكن أن يحمي سطحها من
 عمليات التآكل الهوائية . ومع ذلك فمن المؤكد أن التعرية المائية تلعب هي
 الأخرى دورا هاما في تشكيل سطح الصحاري .

وأهم دور تقوم به الرياح هو نقل المواد الناعمة من مناطقها إلى مناطق
 أخرى مما يؤدي إلى تخفيض سطح المناطق الأولى ورفع سطح المناطق
 الثانية . ولكن تأثير الرياح لا يتركز على مواضع محددة بل المياه وإنما
 يشمل مساحة شاسعة من السطح . ومع ذلك فإنها تستطيع أن تهمر بعض
 المنخفضات في بعض المواضع إذا توفرت لها شروط وظروف خاصة ، كما
 سبق أن شرحنا عند الكلام على المنخفضات الصحراوية (٢) .

وتعتبر السهول الصحراوية الحصوية نتيجة من أهم نتائج التعرية الهوائية ،
 وذلك لأن الرياح تنقل عند هبوبها الرمال السطحية بمختلف أحجامها ، على

(١) راجع الفصل السابع عشر .

(٢) راجع الفصل الرابع عشر .

مناسب سرعتها ، بينما يتخاف الحصى ويتكون منه طبقة ناعمة الرمال التي تسمى رمالاً . . . هذا إذا كانت رمال المنطقة مختلطة بالحصى ، أما إذا كانت كل التكوينات عبارة عن رمال فإن الرياح تزيد بها باستمرار وبترتب على ذلك انخفاض تدريجي في سطح المنطقة . ولدت كل الصحارى على أية حال رملية ، لأن هناك مساحات صحراوية شاسعة غير رملية . وتوجد أكبر المساحات الصحراوية الرملية في العالم في أواسط شرق الصحراء الكبرى وفي جنوب شبه الجزيرة العربية . والمصدر الرئيسي لهذه الرمال هو تجوية الصخور الجرانيتية والرملية التي تفتتها .

والتعرية الهوائية هي المسؤولة كذلك عن كثير من الأشكال التي تلتأ من تراكم الرمال وأهمها الكثبان بمختلف أنواعها (١) ، سواء في ذلك الكثبان المنحرفة أو الكثبان التي تماسكت رمالها وتكونت منها تلال رملية ناهية .

سهول اللويس Loess : وهي من أهم السهول التي تدب في نشأتها إلى فعل الرياح . وهي مكونة من ترربة اللويس المشهورة ، وهي ترربة مكونة من أترربة ناعمة جدا نقلها الرياح من المناطق التي توجد فيها حالياً ، وقد كانت كميات الأترربة المنقولة كبيرة جدا بدرجة أدت إلى تكوين طبقات من هذه التربة يزيد سمكها في بعض المناطق على مائة متر . ولكن يلاحظ أنه لا يشترط أن تكون كل مناطق اللويس سهولاً ، لأن الأترربة التي نقلها الرياح كانت ترسب على السهول وعلى الجبال والهضاب على حد سواء ، فكانت لذلك تأخذ شكل المنطقة التي أرسبت فوقها .

وتعتبر تكوينات اللويس بأنها غير مرتبة في طبقات وبأنها شديدة التفتة

الماء بسبب انه ذات الرأسية التي تكوّن فيها مكان النباتات التي دفنت وتحللت فيها . وهي ليست شديدة الارتفاع ، ولذلك فإن الأنهار تعمق فيها مجاريها بسهولة ، وتظهر جوانب الأنهار التي تغترقها بشكل جروف سهل انبساطها . تكثر على سطح سهول اللويس الحفر التي تمتلئ بالماء ، ويشعر هذا النوع من التربة بخصوبته .

ومن أكبر سهول اللويس في العالم سهل البديا في الأرجنتين . ومن المرجح أن الأتربة التي يتكوّن منها قد نقلت إليه بواسطة الرياح من منحدرات جبال الانديز في الغرب ، وهو سهل خصيب عظيم الامتاج الزراعي . وفي أواسط الولايات المتحدة يغطي اللويس كذلك مساحات واسعة ، كما يشعر الصين بتكوينات اللويس السميكة التي تغطي مساحات شاسعة في شمالها الغربي . ولكن مناطق اللويس هنا لا تظهر بشكل سهول بمعنى الكلمة ، لأن الأتربة التي وصلت إلى هذه المناطق من السهول الجافة في أواسط آسيا وغربها قد تراكت فوق أراض كثيرة التلال ، فبقى سطحها معتدلاً ، ثم ازداد تعقيده بفعل التعرية المائية . ومن هذه المنطقة يحمل نهر هوانج (أو النهر الأصفر) الرواسب الصفراء الكثيرة التي أخذ منها اسمه ، والتي تكوّن منها السهول في منطقة دلتاها .

السهول الكارستية Karst Plains :

تنتشر هذه السهول في مختلف القارات ولكن أغلبها يكون صغير المساحة . وهي تشترك في بعض الظواهر التي تميز سطحها ، وأهمها الظواهر التي تنبع عن ذوبان الصخور في المياه ، وخصوصاً المياه الجوفية ، بينما لا يكون للمياه السطحية تأثير كبير عليها ، حيث أن أنهارها السطحية تكون قليلة أو معدومة في بعض المناطق .

وبخلاف السهول التي تتكون بفعل المياه الجارية ، والتي يكون سطحها مسويا فإن سطح السهول الكارستية يكون ممعنا بسبب كثرة الظواهرات الكارستية التي تنشأ به نتيجة لذوبان الصخور الجيرية في الماء ، والتي من أهمها الحفر الوعائية sinkholes ذات الأشكال المختلفة ، والمرتفعات التي تنتشر بغير نظام معين ولا تكون لها أشكال أو أحجام محددة . وتنتشر تحت السطح نفسه كثير من الكهوف والمراديب والانهيار السفلية التي لا يظهر لها بدايات ولا نهايات واضحة . والعامل الاساسي في تكوين كل هذه الظواهرات هو ذوبان الصخور الجيرية في المياه الجوفية ، وفي بعض المياه السطحية .

وتظهر في قاع بعض الحفر الوعائية الكبيرة بحيرات مائية صغيرة . ويحدث ذلك حيثما تكون هناك طبقة رسوبية غير نافذة للماء تحت المنطقة . وقد يؤدي انهيار سقف بعض الكهوف السفلية إلى تكوين حفر ومائية جديدة أو تعميق وتوسيع الحفر الوعائية الموجودة فعلا . والحفر الوعائية هي الطرق الرئيسية لوصول المياه السطحية إلى الأجزاء الداخلية من طبقات الصخور ومن ثم تنحدر في المراديب والانهيار السفلية نحو الفجوات التي تليق عندها بشكل مبرق .

والمناطق التي توجد فيها السهول الكارستية كثيرة في العالم ، وأشهرها هي المنطقة التي درست فيها الظواهرات الكارستية لأول مرة ، والتي أخذت منها اسماء وهي منطقة «كارست» على ساحل البحر الادرياتي في يوغوسلافيا ، وتوجد غيرها مناطق أخرى كثيرة من نفس النوع في العالم ، ومن بينها في الوطن العربي بعض أجزاء جبال لبنان ، وبعض أجزاء شمال بركة في ليبيا وبعض أجزاء المغرب العربي . كما توجد سهول من نفس النوع في أقصى جنوب إيطاليا (في منطقة كعب الخداء) وهي عبارة عن سهول صغيرة وسط الجبال ، وفي أمريكا الشمالية توجد أمثلة لهذه السهول حول خليج المكسيك وفي وسط شبه جزيرة فلوريدا وغيرها .

الفصل الحادى والعشرون

الهضاب والجبال

اولا — الهضاب PLATEAUS

شروط نشأتها:

إن أهم ما يميز الهضاب عن السهول هو شدة الانحدار لجوانبها التي تظهر أحيانا بشكل حافات قائمة أو شديدة الانحدار . ويسعى في هذا أن تكون هذه الجوانب قد تكونت بفعل النحت النهري أو النحت البحرى أو التعمدع . كما تتميز عنها كذلك بشدة عمق وديانها وضيقها وشدة الانحدار لجوانبها حتى أن بعضها يظهر بشكل أخاديد وخوانق عميقة . ويرجع ذلك إلى نشاط الأنهار في حفر وديانها بسبب بدء مستوى القاعدة عن سطح الأرض . وقد كانت كثير من الهضاب عبارة عن سهول ، ولكنها ارتفعت وتقطع سطحها بواسطة وديان عميقة أو بواسطة التعمدع فأخذت مظهر الهضاب .

ولكن هناك شروطا لابد من توفرها لتكون هذه الهضاب منها :
(١) أن ترتفع المنطقة السهلية حتى يعلو مستوى سطحها عن مستوى القاعدة بقدر يكفى لنشيط الأنهار في عمليات النحت الرأسى وتعميق الوديان . ويتوفر هذا الشرط غالبا في المناطق التي أصابها حركات رفع حديثة ، والمناطق التي تراكت فوقها غطاءات صميكة من اللافا . (٢) ألا تكون المنطقة قد وصلت إلى مرحلة النضج أو الشيخوخة حتى لا يكون سطحها الأصلي قد اختفى بفعل التعرية (٣) أن تكون صخور الطبقة السطحية للمنطقة شديدة الصلابة حتى تحمي الطبقات التي تحتها من عوامل التعرية والتآكل

وبما أن التعرية المائية هي التي تلعب الدور الأكبر في تقطيع المنطقة وتعريضها فإن هضاب الأقاليم الرطبة تتآكل أسرع من هضاب الأقاليم الجافة وشبه الجافة ، ولهذا السبب فإن أعظم هضاب العالم توجد في الوقت الحاضر في الأقاليم الجافة .

ومن المظاهر الفيزيوجرافية التي يكثر وجودها في الهضاب ، الأخاديد الضيقة الغائرة التي تنحدر جوانبها نحو القاع بشكل جدران قائمة أو جروف شديدة الانحدار . وقيعاتها غالباً ضيقة بدرجة لا تسمح بمد الطرق فيها إن كانت جافة ، أو باستخدامها للملاحة إن كانت بها مياه جارية . وتتقطع جوانب معظم الهضاب تقطعاً يكاد يكون منتظماً بواسطة كثير من الوديان التي تنحدر عليها نحو السهول المجاورة . وفي المناطق الجافة تكون هذه الوديان قصيرة وينتهي كل منها بدلتاً أرضية تتكون على السهل المجاور للجبل . وعلى أساس العامل الرئيسي الذي أدى إلى ارتفاع الهضبة وظهور حافاتهما . تنقسم الهضاب إلى عدة أنواع أهمها : (١) الهضاب الصاعدة وهي التي تكونت حافاتهما على امتداد صدوع في قشرة الأرض ، وأشهرها هي « الهورست » التي تتكون نتيجة لاندفاع الأرض بين صاعدتين متقابلتين . (٢) هضاب اللافا (أو غطاءات اللافا) وهي التي تتكون من تراكم كميات ضخمة من اللافا التي خرجت من شقوق القشرة وغطت مساحات شاسعة بطبقات يزيد سمكها أحياناً عن ألف متر ، هضاب ساهمت الحركات التكتونية في رفعها .

وتوجد الهضاب بأنواعها المختلفة في كل القارات ، وخصوصاً في الأقاليم الجافة وشبه الجافة ، ففي أمريكا الشمالية يوجد نطاق من الهضاب الرسوبية إلى الشرق مباشرة من جبال روكي ، وخصوصاً في الولايات المتحدة ، وهذا

النطاق هو الذي يشتهر كذلك باسم السهول العظمى Great Plains ، لأنه كان في الأصل عبارة عن سهول فيضية تكونت من دلتاوات الوديان التي كانت تتحدر على جوانب الجبال ، ثم تعرضت الارتفاع أثناء الحركات التي تعرضت لها جبال روكي نفسها ، ونتيجة لهذا الارتفاع تغيرت مهمة الانهار التي كونت الدلتاوات الأرضية من عملية الارساب إلى عملية الحفر وأخذت تعقب وديانها في هذه السهول التي أخذت مظهرا أقرب إلى مظهر الهضاب منه إلى مظاهر السهول بسبب الارتفاع وكثرة الخوازيق العميقة .

ومن الهضاب الأخرى المشهورة في أمريكا الشمالية هضبة مسوري ، وهي هضبة عظيمة الانساع تشغل سطح الولايات الواقعة إلى الشمال من نهر بلات Platte River ، وهضبة كولومبيا ، وهي هضبة من اللاف تشغل مساحة شاسعة في ولايات ووشنجتن وأوريغون وإيداهو ، ويزيد سمك اللافا التي كونتها عن ألف متر ، وقد غطت هذه اللافا كل مظاهر التضاريس الأصلية تحتمها ، ولكن على الرغم من أن كل هذه المنطقة يطلق عليها لفظ هضبة إلا أن مناطق واسعة منها لا ينطبق عليها هذا الوصف ، لأنها تعرضت للانثناء فأصبحت أقرب إلى الجبال منها إلى الهضاب . والاخاديد التي تقطع هذه الهضبة أقل من الاخاديد التي تقطع الهضاب المعتادة ، لأن سطحها لم يقطع بعد تقطيعا كاملا ، ومع ذلك فإن نهر كولومبيا ونهر سنك وروافدها قطعت فيها وديانا شديدة العمق . وهناك أيضا هضبة كولورادو ، وهي هضبة مكونة من طبقات رسوبية متميكة تتركز على قاعدة بلورية ، ويعتبر خاني كولورادو أهم ظاهرة فيزيوغرافية فيها ، وخصوصا في قسمة الموجود في أريزونا ، حيث يشتهر هنا باسم خاني كولورادو العظيم Grand Canyon of the Colorado River . وهو خاني ضيق جوانبه

قائمة . ونهر كواورادو نفسه نهر ذو صرف داخلي وتنفيذه عدة روافد لكل منها واد عميق يتناسب عمقه مع حجمه والهضبة نفسها مكونة من طبقات رسوبية . إذ يد سمكها على ألف متر ، وهي تتركز على قاعدة من صخور البلورية العمالية . وقد استطاع نهر كواورادو أن يشق مجراه إلى مدى يبلغ في بعض الأماكن ١٥٠٠ متر في طبقات الصخور الرسوبية والصخور البلورية التي تحتها .

ولا توجد هضاب كثيرة في المناطق الرطبة من أمريكا الشمالية ، وهي ظاهرة تشترك فيها كل القارات تقريبا ، وأهم الهضاب الموجودة في هذه المناطق هي هضبة كمبرلاند Cumberland التي تشمل بعض الأجزاء الغربية من الإقليم المقاطعي كنتكي وتينيسي ، وبعض الأجزاء الصغيرة في شمال إنسلافانيا . وقد ساعد على إبقاء هذه المناطق الهضبية أن الطبقة السطحية من صخورها شديدة الصلابة .

وفي أمريكا الجنوبية تعدل الهضاب في منطقتين رئيسيتين هما جنوب البرازيل في الشمال ، وباناجونيا في الجنوب . ففي البرازيل تتكون الهضاب الداخلية من صخور رملية وغطاءات من اللافا ، وتتركز كلها على صخور باوريت قديمة ، وهي مقطعة بواسطة روافد نهر الأمازون ونهر البارانا . أما هضبة باناجونيا فقد تكونت بنفس الطريقة التي تكونت بها هضبة مسوري في أمريكا الشمالية ، حيث أنها كانت في بداية الأمر سهلا رسوبيا مكونا من دلتاوات جافة في حوض الجبال ، ثم تعرضت لحركة رفع كبيرة بسبب الحركات الأرضية فتحوّلت مهمة الانهيار من الارساب إلى الحفر فقطعت لنفسها وديانا عميقة في سطحها . وكانت هذه الأنهار من

نشطة في العصر الجليدي وما بعده بسبب المياه التي تدفقت فيها من الجليد المنصهر على جبال الانديز .

وبالنسبة لقارة إفريقيا فإن هذه القارة توصف أحيانا بأنها هضبة كبيرة لأن كل حوافها تقريباً قائمة أو شديدة الانحدار ، كما أن مساحات كبيرة من سطحها تنطبق عليها صفات الهضاب ، ومع ذلك فإن المناطق التي ينطبق عليها هذا الوصف بدقة قليلة ، فمعظم سطح القارة مكون من سهول واسعة توجد بداخلها كتل جبلية مرتفعة . ويوجد في وسط القارة نطاق من الهضاب التي تمثل اندفاعات من القاعدة الأركية القديمة ، ومن أكبرها هضبة البحيرات التي تنحصر بين فرعي الوادي العمومي العظيم . وتعتبر هضبة الحبشة كذلك من أكبر الهضاب الإفريقية . وهي مكونة من طبقات مميكة من اللافا ، وتبرز على سطحها كثير من الكتل الجبلية المرتفعة التي تمثل هي الأخرى مخروطات بركانية كبيرة ، كما تطلعا كثير من الوديان النهرية العميقة ، ويكون معظم الصومال وكينيا كذلك من مناطق هضبية يغلب على سطحها الاستواء رغم وجود بعض القمم البركانية العالية . ويمكننا أن نعتبر كل جنوب إفريقيا إلى الجنوب من حوض الكونغو هضبة كبيرة ماعدا السلاسل الجبلية التي تتكون منها جبال دراكنزبرج في الشرق ، والسهول الساحلية المنخفضة المجاورة للمحيطين الهندي والاطلسي . وفي أقصى الشمال توجد هضبة الشطوط بين سلاسل جبال أطلس التل في الشمال وأطلس الصحراء في الجنوب .

وفي آسيا توجد عدة هضاب منها هضاب صعدية شاسعة أهمها هضبة الدكن ، التي نشأت نتيجة لتصدع قارة جندوانا القديمة ، وهضبة التبت التي نشأت بسبب نفس الحركات التي كونت جبال الهيمالايا في الزمن الثالث الجيولوجي ، وهضبة آسيا الصغرى ، التي تكونت أثناء الحركات الانشائية الكبرى التي حدثت في الزمن الجيولوجي الثالث .

وتعتبر هضبة غرب استراليا كذلك هضبة صدمية شاسعة قديمة ، وترجع
في نشأتها إلى الزمن الثاني عندما تصدعت جندراغالاند ، وانفصلت عنها استراليا
وهضبة الدكن .

وفي أوروبا تعتبر هضبة أسبانيا أكبر هضاب القارة . وهي هضبة صدمية
تعرضت لبعض الحركات الأرضية التي صاحبت الحركات التي كونت جبال
الألب في الزمن الثالث ، وسطحها مقطوع بواسطة كثير من الوديان النهرية .
كما توجد في هذه القارة بعض الهضاب الصدمية من نوع « المورست »
وخصوصاً في منطقة الفوج والغابة السوداء حول نهر الراين .

لانيا — الجبال والتلال

MOUNTAINS and HILLS

مفهوم الجبل والتل : المقصود بالجبل هو المرتفع الذي يبرز فوق سطح
الأرض لبعض مئات أو آلاف من الأمتار وتكون له جوانب شديدة الانحدار .
ويشارك التل مع الجبل في الارتفاع وشدة انحدار الجوانب ، ولكنه يكون مادة
أقل منه ارتفاعاً ، وقد لا يزيد ارتفاعه عن بضعة عشرات من الأمتار ... ومع
ذلك فإن لفظ « جبل » كثيراً ما يطلق على بعض التلال ، ويحدث ذلك بصفة
خاصة في البلاد السهلية ، وتكون التسمية في هذه الحالة بمثابة خطأ شائع
يمكن التجاوز عنه ، ويمكن اعتبار كلمة جبل في هذه الحالة جزءاً من الاسم
نفسه ، وذلك بنفس الطريقة التي يستخدم بها لفظ « بحر » للدلالة على
بعض الأنهار أو بعض البحيرات .

والمناطق الجبلية على هذا الأساس هي المناطق التي توجد بها جبال وتلال
بارزة جوانبها شديدة الانحدار ، وهذا فرق أساسي بينها وبين السهول . ومع
ذلك فإن معظم الجبال الكبرى لا تزيد درجة انحدار جوانبها (وخصوصاً

عند قمتها) عن ٢٥/٣، وذلك نتيجة لنشاط عوامل التجوية وعوامل التعرية .
وعند الكلام على الجبال والتلال تستخدم عادة بعض التعبيرات الشائعة
مثل « سلسلة الجبال أو التلال Range of Mountains or Hills » ويقصد
بها عدد من الجبال الممتدة على خط واحد والمعتاد هو أن تكون كل جبال
السلسلة الواحدة متجانسة في أشكالها وعمرها وتركيبها الجيولوجي . وقد
يستخدم تعبير مجموعة جبلية Group للدلالة على مجموعة من القمم والحافات
المتقاربة في أحجامها ولا يشترط أن تكون مرتبة بنظام معين ، ولكنها
تكون غالبا موزعة في منطقة دائرية تقريبا .

ويطلق تعبير « النظام الجبلي Mountain System » على سلاسل أو
مجموعات الجبال المرتبطة ببعضها في المظهر والموقع والتركيب ، والمفصولة عن
بعضها بوديان كبيرة وأحواض منخفضة ومثال ذلك نظام جبال روكي .
ويستطلق عليها هنا تعبير « مجموعة سلاسل الجبال » ، ويطلق تعبير كورديليرا
Cordillera على عدة نطاقات أو عدة سلاسل جبلية كبيرة ، ولكن يلاحظ
أن هذا اللفظ كان يستخدم من قبل للدلالة على أى سلسلة جبلية عظيمة
الامتداد . ولكن هذا الاستخدام لم يعد يظهر بكثرة في الوقت الحاضر .

أهمية الجبال : بخلاف السهول فإن الجبال هي أقل مظاهر التضاريس
صلاحية للتوسع الزراعي بسبب شدة انحداراتها وانجراف تربتها باستمرار ،
ولئن وجدت بها بعض الأحواض التي تصلح للزراعة فإنها تكون صغيرة
ولا تصلح الانتاج على نطاق واسع ، كما أنها لا تسمح بقيام مراكز عمرانية
كبيرة . وهي تعتبر في نفس الوقت عوائق أمام المواصلات البرية المختلفة ،
ومع ذلك فإنها تساعد على وضع حدود سياسية واضحة ، وكثيرا ما تحوى

على ثروات معدنية كبيرة ، كما يمكن الاستفادة منها كتجهيزات صيفية وأماكن
لممارسة مختلف الرياضات ، والرحلات .

ونظراً لاعتدال التضاريس في مناطق الجبال فإنها تضم عادة بيئات مميّزة في
أماكن متقاربة ، كما يتدرج المناخ على جوانبها من أسفل إلى أعلى ، لذلك
أنه قد يكون مدارباً حاراً على سفوحها وقطيبياً على قممها .

نشأتها : أهم عامل من العوامل التي ساهمت في نشأة الجبال هي حركات
الالتواء التي تعرضت لها قشرة الأرض خلال المصهور الجيولوجية المختلفة
وأهمها الحركات التي حدثت في الزمن الجيولوجي الثالث . وقد سبق أن
تكلمنا عن كل هذه الحركات ، وذكرنا الجبال التي تكونت بسببها (١) .
وقد يلعب النشاط البركاني في ذلك دوراً هاماً في نشأة كثير من الجبال ، كما
تتدخل عوامل التعرية في تشكيلها .

النطاقات الجبلية الكبرى :

إن أول نظرة على خريطة تضاريسية للعالم تدلنا على أن معظم الأقاليم
الجبلية في العالم تمتد في نطاقات طويلة ضخمة في كل القارات ، ولو أمعنا
النظر في امتداداتها لوجدنا أن نطاقاتها تمتد بشكل متصل على طول سواحل
المحيط الهادي كلها ثم تتعرج نحو الغرب عبر جنوب ووسط آسيا وغربها ثم
تواصل امتدادها في جنوب أوروبا وشمال غرب إفريقيا حتى المحيط الأطلسي .

ولكن هذه النطاقات متباينة فيما بينها من حيث امتداد جبالها وارتفاعها
ومدى تغطيتها ، ففي غرب الولايات المتحدة والمكسيك والاسكندرية نجد أن
النظام الجبلي يشغل منطقة عظيمة الاتساع ، وتفصل سلاسل بعضها

(١) راجع الفصل العاشر .

عن بعض مساحات جبلية وهضاب متدعة ، بينما تقل هذه للسهول والهضاب في القسم الواقع في غرب كندا وفي أمريكا الوسطى ، ويذون النطاق الجبلية فيها أقل عرضا منه في النطاق الأولى ، ولكن الارتفاع يكاد يكون واحدا في كل المناطق . وفي أمريكا الجنوبية يتميز هذا النطاق بأنه أضيق ولكنه أعلى وأكثر اتصلا منه في أمريكا الشمالية . ويندر أن يقل ارتفاع سلاسل جباله عن ٣٠٠٠ متر .

وفي أوراسيا يتشابه القسم الغربي من هذا النطاق الجبلية إلى حد ما مع النظام الجبلية في غرب الولايات المتحدة من حيث تباعد سلاسله ووجود أحواض نهريّة وسهول متدعة بينهما ، مثل حوض نهر البوروسيل المجر ، كما تقطعه كثير من الفتحات التي يسهل المرور عبرها ، مثل الفتحة التي يمر فيها نهر الرون في فرنسا نحو البحر المتوسط ، والفتحة التي يوجد فيها بوغازا الدردنيل والبلقور ، والتي تعمل بين البحر الأسود والبحر المتوسط .

وبلاحظ أن سلاسل هذه الجبال تلتقي مع بعضها في نقطة واحدة في شمال غرب الهند ، وهي النقطة التي تشتهر باسم « عقدة البامير » ، ولكنها لا تلبث أن تعود للتفرع مرة أخرى نحو الشرق بحيث تنتشر في كل شرق آسيا ، بل وتمتد في الجزر الواقعة قرب الساحل الشرقي للقارة . وهذا هو أعرض أجزاء النطاقات الجبلية الكبرى في العالم ، وأكثرها تعقيدا ، ومن هنا تتفرع السلاسل الجبلية نحو الشمال الشرقي إلى بوغاز بيرنج وجزر ألوشيان وألاسكا حيث تلتقي بالنطاق الجبلية في غرب أمريكا الشمالية ، كما تتفرع سلاسل أخرى نحو الجنوب الشرقي عبر الهند الصينية والملايو إلى الجزر الاندونيسية ومنها إلى الجنوب حيث تلتقي بالنطاق الجبلية في شرق استراليا وتيوزيلندة .

أما قارة إفريقيا فلا يوجد بها نظام جبلي خاص بها ، وكل ما يوجد بها هو فرع من النطاق الجبلي الأوراسي الذي يمتد غرب البحر المتوسط وتتكون منه سلاسل جبال أطلس . وفيها هذا ذلك فإن جبال إفريقيا الأخرى موزعة في أماكن متفرقة . والنطاق الوحيد الذي يمتد لمسافة كبيرة هو نطاق الوادي الانكساري العظيم الذي يمتد في شرق القارة بين الشمال والجنوب ، ومع ذلك فإنه يختلف في مظهره وتركيبه وتاريخه الجيولوجي من أي نطاق آخر من النطاقات الجبلية التي تكلمنا عنها .

ويتفق امتداد النطاقات الجبلية الكبرى التي سبق ذكرها مع المناطق التي مررت معرضة لحدوث الزلازل والبراكين ، مما يدل على أنها ما زالت غير مستقرة تماما . وهي نفس المناطق التي تعرضت أكثر من غيرها للحركات الأرضية التي حدثت في الزمن الجيولوجي الثالث ، والتي اشتهرت باسم الحركات الألبية ، وكانت أهم نتائجها هي حدوث الاشادات التي كوت هذه النطاقات الجبلية (١) .

وبالإضافة إلى هذه النطاقات فإن هناك نطاقات جبلية أخرى أقل منها امتدادا وارتفاعا . وقد نشأت هي الأخرى نتيجة لحركات تكونية أدت إلى حدوث حركات انثنائية في قشرة الأرض ، ولكنها كانت أقدم بكثير من الحركات التي كوت النطاقات السابقة . فقد تكون أغلبها في الزمن الجيولوجي الأول نتيجة للحركات التي سبق أن شرحناها ، وهي الحركات الكاليدونية ثم الحركات المرسيلية . وقد نفذت هذه الجبال معظم ارتفاعاتها في الوقت الحاضر بسبب تعرضها لعوامل التعرية المختلفة خلال عشرات الملايين من السنين التي مرت منذ نشأتها حتى الآن . وعلى الرغم من

أن كثيرا من مناطقتها قد أصابها حركات زلزالية أحدثت من الزمن الأول فانها لم تكن كافية لإحداثها الارتفاعات الأضخمة . ومن أمثلة هذه الجبال جبال الألبس في شرق الولايات المتحدة وجبال اسكندنافية ، وجبال الجزر البريطانية وجبال الأورال في أواسط الاتحاد السوفيتي .

الجبال البركانية وجبال الكتل الجبلية :

المقصود بهذه الجبال هي الجبال التي تتكون من المخروطات البركانية أو من كتل الباتوليت أو اللاكوليت التي ظهرت على السطح بسبب الحركات الأرضية ، أو بسبب إزالة عوامل التعرية لما فوقها وما حولها من تكوينات رسوبية ، بحيث أن ذلك يؤدي إلى ظهورها بشكل كتل جبلية أو قباب مختلفة الأحجام . وعندما تسقط عليها الأمطار فإن نظام الصرف الذي يكون عليها يمرور الوقت يكون هو للنظام المتشعب الذي تبدأ فيه كل الوديان من نقطة واحدة في أعلى القمة ، ومنها تتوزع في جميع الاتجاهات .

وبخلاف الجبال الانثنائية التي تتكون عموما من صخور رسوبية ، وخصوصا الصخور الجيرية ، فإن صخور الجبال البركانية (باستثناء البراكين الطينية) كلها صخور نارية ، وينطبق هذا كذلك على صخور الجبال التي نشأت من ظهور الباتوليت أو اللاكوليت ، غير أن جانبها كبيرا من صخورها يكون من الأنواع المتحولة بسبب الضغط والحرارة الشديدين اللذين تعرضت لهما قبل ظهورها . وقد نشأت من ظهور كتل الباتوليت بالقدات في بعض المناطق نطاقات جبلية كبيرة من أمثلتها جبال البحر الأحمر في مصر والسعودية وشبه جزيرة سيناء وبعض هضاب وسط إفريقيا .

وتتباين الجبال البركانية في أعمارها تبائنا كبيرا جدا ، فمنها ما نشأ نتيجة

ثورانات بركانية ترجع إل أقدم العصور الجيولوجية ولم يعد لها أى أثر فى الوقت الحاضر ، حتى أن الظروف التى مشأت بسببها قد فقدت معالمها . ومنها ما نشأ من ثورانات حديثة ومارات معرضة للثوران فى أى وقت حتى الآن . وقد سبق أن قسمنا البراكين على هذا الأساس إلى براكين خاملة وهى التى انتهت تماما منذ وقت طويل ، وبراكين هادئة وهى التى انتهى ثورانها منذ عهد قريب . إلا أن احتمال ثورانها مازال قائما ، ثم براكين نشطة وهى البراكين التى تبدو عليها مظاهر النشاط فى الوقت الحاضر ، لكن من الممكن أن تنور فى أى لحظة .

وتوجد أغلب الجبال البركانية فى نفس المناطق التى توجد فيها الجبال الاندالية الحديثة ، وهى المناطق الجبلية الكبرى التى سبق الكلام عليها ، ولذلك فإنها تكثر على امتداد كل المرتفعات الممتدة حول المحيط الهادى فى الأمريكتين وآسيا والأوقيانوسية ، كما تكثر على امتداد المناطق الجبلية الكبرى عبر أراسط آسيا وجنوبها وغربها وفى جنوب أوروبا وشمال غرب إفريقيا ، كما تكثر أيضا فى منطقة الوادى العميق العظيم فى شرق إفريقيا ، وتنتشر فى كثير من الجزر المحيطية مثل جزر هاواى فى المحيط الهادى وجزر كنارى وبعض جزر البحر الكاريبى فى المحيط الاطلسي ، وجزيرة مدغشقر فى المحيط الهندي .

وتختلف الظروف البركانية فى أشكالها على حسب نوع اللابة المكونة لها . وقد سبق أن ذكرنا أن ظروفات اللابة الحمضية تكون قائمة ، بينما تكون ظروفات اللابة القاعدية مقلطحة . ونكلمنا كذلك على ناكل الظروف البركانية والعربة وما ينتج عن ذلك من مظاهر^(١) فذكرنا أن فوهة

(١) راجع الفصل الثانى متر .

الفصل الثاني والعشرون

البحيرات والمستنقعات

نشأة البحيرات :

بغض النظر عن البحيرات الصناعية التي تتكون أمام السدود مثل البحيرة التي كونها السد العالي في جنوب مصر وبحيرة ميد Mud في كونها سد هوفر على نهر كولورادو في الولايات المتحدة، فإن البحيرات تنشأ عادة في أحواض أو منخفضات طبيعية . وهي تباين تباينا كبيرا فيما بينها في الاتساع والعمق والعمق ، فبينما لا يزيد قطر بعضها عن عدة أمتار فإن قطر بعضها الآخر قد يصل إلى مئات الكيلومترات . وبينما يكون بعضها عبارة عن بحار عميقة دائمة فإن بعضها الآخر يكون فصليا ضمهلا بحيث يتلىء بالماء في موسم المطر ويجف في موسم الجفاف ، بل إن بعضها قد يجف نهائيا بسبب التبخر أو بسبب امتلاؤه بالرواسب ، أو بسبب مرور نهر في وسطه . ففي الحالة الأخيرة يؤدي انحسار النهر على الحافة السفلى للبحيرة إلى تخفيض هذه الحافة تدريجيا وإلى انصراف مياه البحيرة إلى مجرى النهر .

وليس من السهل حصر عدد الأحواض التي يمكن أن تتكون فيها البحيرات في كل العالم ، ولكن لا بد أنها تعد بالملايين . وعلى أي حال فإن عددها ليس ثابتا بل يتعرض للتغير من يوم إلى آخر لأن عملية تكوين الأحواض واختفائها تعتبر من العمليات الطبيعية المستمرة .

ولدراسة البحيرات أبعاد جغرافية واقتصادية متعددة مثل أهميتها كمصادر المياه أو كمصادر لاستخراج الرواسب الملحية ذات القيمة الاقتصادية أو كمصادر للثروة السمكية، أو كمناطق للسياحة والترفيه كما تهتم الجيولوجيون

بدراسة رواسب البحيرات وتطور شواطئها من أجل معرفة التغيرات المناخية والجيولوجية التي حدثت في مناطقها في العصور المختلفة .

ونشأ الأحواض الطبيعية التي يمكن أن تتكون فيما تابعيرات نتيجة لعوامل كثيرة ومعياره لا يسهل حصرها ، ولكن من الممكن أن نذكر العوامل التي ساهمت في تكوين الأنواع الشائعة منها كما يأتي :

(١) انسداد وادى نهري نتيجة لانجرار أرضي ، أو نتيجة لتراكم الرواسب التي يحملها إليه رافد جانبي ، أو نتيجة لحدوث حركة رفع في جره من قامه أو لحدوث ثوران بركاني في وسطه .

(٢) تكوين كولدبرا في أعلى أحد البراكين نتيجة لانساع فوهته ، (٣) التحت الجليدي أو المائي في سطح الأرض (٤) لتجوية والتعرية الهوائية في المناطق الصحراوية ، (٥) انهيار أسقف الكهوف في المناطق الكارستية (٦) اقتطاع إحدى التيارات النهرية ، وتكوين بحيرة مقنطعة (٧) انسداد خليج بحري بسبب تكون حاجز رسوبي في مدخله .

وتكثر البحيرات بطبيعة الحال في الاقاليم المطيرة ، حيث يظهر في كثير من الأحيان محدد من البحيرات التي تعمل بعضها على طول مجرى أحد الأنهار مثل البحيرات العظمى المرتبطة بنهر سانت لورنس ، والبحيرات المتصلة بنهر النيل عن طريق نيل البرت .

أما الاقاليم الحافة من الطبيعي أن تكون بحيراتها أقل عددا وأقل ماء . كما أن الكثير ينشأ بالماء في فصل المطر ثم يجف بالتدريج في فصل الجفاف ، بل إن بعضها لا تجميع فيه الماء إلا بضعة أيام أو بضعة أسابيع من كل سنة . ويطلق على هذا النوع من البحيرات في المناطق الحافة في غرب الولايات المتحدة تسمية "بحيرات البلايا" والمقصود بكلمة "بلايا" هو المسطح الجاني

الذي يتخلف بعد تبخر كل مياه البحيرة ، و يكون هذا المسطح في بعض الأحيان لاهماً أو مثلاً للنبات بسبب الأملاح التي ترسب فوقه ، ولأنه يكون في أغلب الحالات مكوناً من رواسب طينية دعمه تخلفه بالأملاح .

ويلاحظ أن تركيب الكيمياء لمياه البحيرات في الأقاليم الجافة من منطقة إلى أخرى حسب التركيب الصخري للمناطق التي تغذيها بالماء . ولذلك فإن مياه بعضها تحتوي على نسبة عالية من الأملاح التي أهمها كلوريد الصوديوم ، بينما تكون مياه بعضها الأخرى قلوية لثثرة ما بها من كربونات الصوديوم والبوتاسيوم ، أو تكون بها مرارة لكثرة ما بها من أملاح الصوديوم والفسفاة ، أو تكون غنية بالبوراكس Borax وبعض الأملاح المشابهة له . وقد تكون بعض البحيرات غنية بالأملاح ذات القيمة الاقتصادية التي ترسب على قاعها بكميات تكفي أحياناً لاستغلالها استغلالاً اقتصادياً ، مثل أملاح البوتاس والبوراكس والصوديوم والبرومين والليثيوم Lithium .

ويطلق تعبير « البحيرات المطيرة Pluvial lakes » على بحيرات الأقاليم الجافة التي ترجع نشأتها إلى عصر مطير سابق أو إلى تجمع مياه الخليج المنصهر في عصر الجليد أو في أعقابها . وتوجد أمثلة لهذه البحيرات في صحارى شمال إفريقيا ووسط وغرب آسيا وإفريقيا وشيلي . وأكبرها هي البحيرة التي تخلف عنها بحر قزوين الحالي والبحيرة التي تخلف عنها البحر الميت . وكلاهما يدخل في عداد البحيرات على الرغم من التسمية التي اشتراها بها .

المستنقعات

تعريفها وأصلها : المستنقع هو الأرض المشبعة بالماء والتي قد تبقى على سطحها بعض المياه التي تزيد عما تحتاجه للتبخر . وهي تتكون في التي لا تبخر مياهها أو تتسرب نحو الباطن بسرعة التي تكفي لتجفيفها .

وهي تمثل مرحلة متوسطة بين الارض الجافة والبحيرات . وقد تمر المنطقة الواحدة خلال السنة الواحدة بالمرحلتين الثلاث ، فيكون سطحها جافاً في موسم الجفاف ثم تتحول إلى مستنقع في أرائل موسم المطر ثم إلى بحيرة في أواسطه وأواخره ، ثم تعود بعد ذلك إلى نفس الحالات بطريق عكسي . ولكن لا يشترط أن تمر المنطقة بكل هذه المراحل ، بل إنها قد تمر في مرحلتين اثنتين منها فقط ، فلا تمر إلا في مرحلتين الجفاف والمستنقع أو مرحلتين المستنقع والبحيرة .

والاعتقاد هو أن تتكون المستنقعات في الاراضي المنخفضة نسبياً ، ولكنها قد تتكون كذلك في المناطق المستوية التي يكتسوها غطاء نباتي كثيف . لأن جذور النباتات وعيدانها تؤدي إلى توزيع المياه وتشجيرها فلا تسمح بتكوين مجار مائية محددة ، ولذلك فإن المياه تتجمع على السطح ولا تنصرف إلا بالتمرب في التربة .

وتنتشر معظم المستنقعات في أنواع خاصة من الاراضي وهي الاراضي الساحلية المنخفضة والسهول الرسوبية ، وهما طاق التعرية الجليدية التي تتجمد أرضها باستمرار .

وفي المناطق الساحلية يتكون نوعان من المستنقعات ، النوع الاول منها هو مستنقعات المد Tidal Marshes ، وهي المستنقعات التي يغمرها الماء أثناء المد ويهجر عنها أثناء الجزر . وهي تشغل الاراضي المنخفضة المحيطة بمصببات الأنهار ، وحول الألسنة الرسوبية الممتدة بحدود البحر ، وعلى الشواطئ المنخفضة للخلجان المنحلة الضيقة التي تملأ بماء المد وتجف بانحسارها . وتتمثل هذه المستنقعات كثير من النباتات المائية التي تتجمل الملوحة . وهذه المستنقعات هي التي تشتهر كذلك باسم السبخات .

أما الذرع الثاني فيحتوى على مياه عذبة ويشغل أحواضا ضخمة مفصولة عن البحر في السهول الساحلية المستوية . وتوجد أمثلة كثيرة لها على امتداد خليج المكسيك في جنوب الولايات المتحدة وعلى ساحل إيطاليا في جنوب غرب مدينة روما .

أما مستنقعات المناطق الرسوبية فتوجد بكثرة في السهول الفيضية والدلتاوات المنبسطة، حيث تتجمع المياه في القنوات المتروكة وخلف الجسور الطبيعية ، أو تبقى على سطح الأرض بسبب وجود كثير من النباتات الطبيعية التي تشتتها على السطح وتحول دون جريانها .

أما مستنقعات التجمد الجليدية فتوجد في الأحواض الكثيرة التي تنتشر بأحجام متباينة في المناطق التي زحف عليها الجليد خلال العصور الجليدية ، وهي تعد باللايين ، ويشغل بعضها أحواضا تحتها الجليد ، ويشغل الآخر مناطق محصورة بين الرواسب الجليدية .

أما مستنقعات الأراضي المتجمدة ، فتوجد في بعض الأقاليم الباردة التي تظل تربها السفلية دائمة الجمد Permafrost ، فإذا ما انصهرت التربة السطحية وانصهرت الثلوج المتروكة فوقها ، فإن المياه لا تستطيع أن تتسرب إلى أسفل ، كما أنها لا تستطيع أن تنصرف بالجريان إذا كانت الأرض سفلية منبسطة فتتجمع على السطح وتتكوّن منها مستنقعات يكون أعلاها غنيا بالطحالب والأعشاب والحشائش . تتحمل شدة البرودة .

رواسب المستنقعات : تحتوى الرواسب التي تتراكم في المستنقعات على نسبة كبيرة من المواد العضوية مثل الليت ، الذي يتكون من المواد النباتية المتحللة تحللا جزئيا . وهو يستخدم بعد جفافه كنوع ردى من الوقود في حالة عدم توفر الفحم أو البترول . ويعتبر الليت في الواقع مرحلة من المراحل الأولى

لتكون الفحم . وعلى الرغم من أن طاقته الحرارية محدودة فإنه ذو قيمة اقتصادية كبيرة في بعض المناطق . وبجانب هذه المواد العضوية فإن رواسب المستنقعات تحتوي كذلك على كثير من المواد غير العضوية مثل الصلصال والطمي . ونظرا لأنها تكون عادة موجودة في أراض مستوية فإنها تكون مخالية من الرواسب الخشنة التي تنقلها المياه الجارية .

تصرف مياهها واستخدام أراضيها وكما هي الحال بالنسبة للبحيرات فإن المستنقعات لا تلبث أن تجف بانصراف مياهها إلى الأنهار ، كما أنها تجف صناعيا في كثير من المناطق لاستخدام أراضيها لأغراض مختلفة . ويكون تجفيفها عادة بشق المصارف في وسطها لتصرف مياهها إلى البحر أو إلى أقرب نهر . ونظرا لأن تربتها تكون غالبا غنية بالمواد الدبالية Humus والمواد الصامالية والطينية فإنها تكون بعد اصلاحها عظيمة الخصوبة . وتستخدم في الوقت الحاضر المصارف المغطاء لتصرف المياه من المستنقعات لتجنب كثير من المشاكل الصحية والاضرار الناتجة عن المصارف المكشوفة . وتكون المصارف المغطاء أحيانا عبارة عن مواسير عمدة تحت الأرض .

بحيرات الاقاليم المطيرة :

تظهر هذه البحيرات عادة بشكل مجموعات متصلة ببعضها بواسطة مجار تنصرف عن طريقها المياه من البحيرات الموجودة في أعالي النهر إلى البحيرات التي تليها على طول المجري نحو المصب ، وذلك لأن المياه التي تصل إلى هذه البحيرات تزيد كثيرا عن المياه التي تغيب منها بالتبخر . ومثال ذلك مجموعة البحيرات العظمى في شمال الولايات المتحدة وجنوب كندا حيث تنصرف مياه كل بحيرة إلى البحيرة التي تليها بواسطة مجار صغيرة أقرب إلى البواغيز منها إلى الأنهار . حتى تذهب إلى نهر سانت لورنس ، ومن ثم إلى المحيط

الاطاسى . وتبلغ كمية المياه المختزنة في هذه البحيرات حوالى ٦٠٠٠ ميل مكعب . وهذه المياه هي التي تنظم الجريان المستمر للماء في نهر سنت لورنس وعلى شلالات نياجرا ، ويقدر أن هذه المياه تكفى لأن يستمر تدفقها على شلالات نياجرا بنفس معدلها الحالى لمائة سنة قادمة حتى ولو لم تسقط أمطار جديدة .

وتوجد أمثلة أخرى كثيرة من هذه السلاسل من البحيرات في كثير من الاقاليم الممطرة في مختلف جهات العالم ، ومنها البحيرات التي تغذى نهر النيل عن طريق نيل ألبرت وتشمل بحيرات إدوارد وجورج وألبرت .

المراجع

أولا - المراجع العربية :

- ١ - ابراهيم وزلالة وآخرون - أسس الجغرافيا الطبيعية - القاهرة - ١٩٥٤
- ٢ - جودة حسنين ج - ودة - معالم سطح الأرض - بيروت - ١٩٦٦
- ٣ - حسن أبو العينين - كوكب الأرض - الاسكندرية - ١٩٧٤
- ٤ - محمد ابراهيم فارس ومحمد يوسف حسن - الجيوبولوجيا العامة والتطبيقية - القاهرة - ١٩٦١
- ٥ - محمد صفى الدين أبو العز - قشرة الأرض - القاهرة - ١٩٥٧
- ٦ - محمد مولى موسى - وجه الأرض - القاهرة - ١٩٤٥

ثانيا - المراجع الإفرنجية

- 1 — R. B. Bunnet, " Physical Geograhpy in Diagrams " London, 1971.
- 2 — C H Cotton, " The Physical Geography of the Oceans, New York, 1971.
- 3 — C A. Cotton, " Landscape ", Wellington, 1918.
- 4 — C. A. Cotton, " Geomorphology ", New York, 1947.
- 5 — O. D. Von Engel, " Geomorphology ", New York, 1955
- 6 — E A. Fath, " Astronomy " London, 1955.
- 7 — V C Finch and G. T. Trewartha " Physical Element Geography ", New York 1949.
- 8 — M. G. Gross, " Oceanography ", Ohio, 1969.

- 9 — A. Holmes, "Principles of Physical Geology", London 1959.
- 10 — Sir James Jeans, "The Universe Around Us", C.U.P. 1960.
- 11 — N. K. Horrocks, "Physical Geography and Climatology"
London, 1962.
- 12 — L. C. King "Morphology of the Earth", Edinburgh, 1962.
- 13 — C. A. M. King, "An Introduction to Oceanography" New
York, 1963.
- 14 — P. Lake, "Physical Geography" Cambridge, 1949.
- 15 — A. K. Lobeck, "Geomorphology", New York, 1939.
- 16 — R. Longwell & R. Flint, "Introduction to Physical
Geology" London, 2nd ed 1925.
- 17 — E. de Martonne, "A Shorter Physical Geography", New York
1929.
- 18 — F. J. Monkhouse, "Principles of Physical Geography",
London 1954.
- 19 — S. N. Monowitz, and D.B. Stone, "Earth Science" New York,
1965.
- 20 — C. P. Patton and Others, "Physical Geography" California,
1960.
- 21 — R. F. Peel, "Physical Geography" London, 1965.
- 22 — G. L. Pickard "Descriptive Physical Geography of the
Oceans" Oxford, 1963.
- 23 — J. K. Van Piper, "Man's Physical World" New York, 1962.
- 24 — H. Robinson, "Morphology and Landscape", London, 1973.
- 25 — W. M. Smart, "The Origin of the Earth," a Pelican Book,
1950.
- 26 — B. W. Sparks, "Geomorphology", London 1967.
- 27 — A. J. Steers, "The Unstable Earth", London, 1961.
- 28 — A. N. Strabler, "Physical Geography", New York, 1969.

- 29 — , "The Earth Sciences", New York, 1963.
- 30 — , "Introduction to Physical Geography",
New York, 1970.
- 31 — W. D. Thornbury, "Principles of Geomorphology", New
York 1961.
- 32 — F. L. Whipple, "Earth, Moon and Planet's", Harvard. U.P.,
1968
- 33 — S. W. Wooldrige and R. B. Morgan, "Physical Basis of
Geography", London 1960,
- 34 — P. G. Worcester, "A Textbook of Geomorphology", New
York, 1952

